



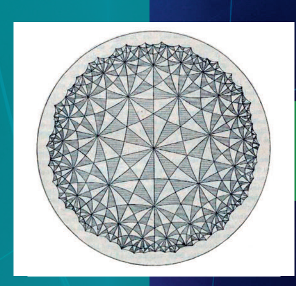
Revue des

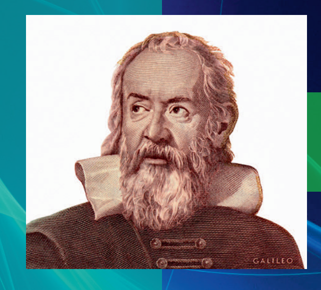
QUESTIONS SCIENTIFIQUES

ISSN 0035-2160

Actualité, histoire et philosophie des sciences

Tome 190, N°1-2, 2019







Bureau de dépôt : B 5330 Assesse 1 – Agréation n°P207124

RÉDACTEUR EN CHEF :

Jean-François Stoffel

Haute école Louvain-en-Hainaut – Département paramédical
Rue Trieu Kaisin, 136 – 6061 Montignies-sur-Sambre – Belgique
Courriel : stoffeljf@helha.be

ADMINISTRATION :

Anne-Martine Baert

Université de Namur
Rue de Bruxelles, 61 – 5000 Namur – Belgique
Courriel : anne-martine.baert@unamur.be

WEBMASTER :

Loris Rossi
Courriel : loris.rossi@outlook.com

Michael Mattiello
Courriel : michael.mattiello@outlook.com

Haute école Louvain-en-Hainaut

SITE INTERNET :

http://www.rqs.be

Fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, *la Revue des questions scientifiques* est une publication périodique trimestrielle toujours publiée par ladite Société, avec le soutien de la Catégorie paramédicale de la Haute école Louvain-en-Hainaut et de l'Université de Namur. Pluridisciplinaire et francophone, elle est une revue de haute vulgarisation scientifique, consacrée aux sciences, y compris leur actualité, leur histoire, leur philosophie et leur impact sociétal. Elle est membre de l'Association des revues scientifiques et culturelles de Belgique. Tous les manuscrits reçus sont soumis à un comité de lecture constitué d'au minimum deux experts. En fin d'année, leur nom est publié dans la Revue.

La Revue est dépouillée par le *Répertoire bibliographique de la philosophie / International Philosophical Bibliography*.

Tome 190 2019

Revue des Questions Scientifiques

Actualité, histoire et philosophie des sciences

organe de la

Société scientifique de Bruxelles

publié avec le soutien de la

Catégorie paramédicale de la
Haute école Louvain-en-Hainaut

et de

l'Université de Namur

Table des matières

Articles

Analyses critiques

Comptes rendus

Revue des Questions Scientifiques, 190, 2019, (1-2) : 7 - 26

Symétries en physique : la théorie des groupes en action

Jean-Pierre Antoine
Institut de Recherche en Mathématique et Physique
Université catholique de Louvain

jean-pierre.antoine@uclouvain.be

Résumé

Cet article passe en revue les multiples applications de la théorie des groupes aux problèmes de symétrie en physique. En physique classique, il s'agit surtout de la relativité : euclidienne, galiléenne, einsteinienne (relativité restreinte). Passant à la mécanique quantique, on remarque d'abord que les principes de base impliquent que l'espace des états d'un système quantique a une structure intrinsèque d'espace préhilbertien, que l'on complète ensuite en un espace de Hilbert. Dans ce contexte, la description de l'invariance sous un groupe G se base sur une représentation unitaire de G. On parcourt ensuite les différents domaines d'application : physique atomique et moléculaire, matière condensée, optique quantique, ondelettes, symétries internes, symétries approchées. On discute ensuite l'extension aux théories de jauge, en particulier au Modèle Standard des interactions fondamentales. On conclut par quelques indications sur des développements récents.

Abstract

The present article reviews the multiple applications of group theory to the symmetry problems in physics. In classical physics, this concerns primarily relativity : Euclidean, Galilean, Einsteinian (special). Going over to quantum mechanics, we first note that the basic principles imply that the state space of a quantum system has an intrinsic structure of pre-Hilbert space, that one completes into a genuine Hilbert space. In this framework, the description of the invariance under a group G is based on a unitary representation of G. Next we survey the various domains of application : atomic and molecular physics, condensed matter physics, quantum optics, wavelets, internal symmetries, approximate symmetries. Next we discuss the extension to gauge theories, in particular to the Standard Model of

fundamental interactions. We conclude with some remarks about recent developments.

Mots-clés : symétrie, groupes, représentations, physique quantique, particules élémentaires

Plan de l'article

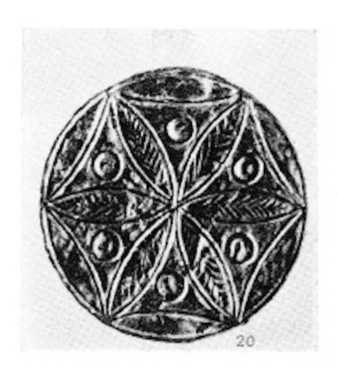
1. Avant-propos : Préhistoire

Dès l'Antiquité, les figures symétriques ont été considérées comme plus harmonieuses, plus parfaites. Que ce soit les pyramides en Egypte (3000 av. JC), différents objets d'art minoen (18e siècle av. JC), des bijoux mycéniens (16e siècle av. JC) ou béotiens (1000 – 600 av. JC), les solides de Platon (tétraèdre, cube (hexaèdre), octaèdre, dodécaèdre, icosaèdre), d'innombrables figures dans l'art islamique, les exemples se retrouvent à toutes les époques et dans toutes les cultures. Un exemple significatif est offert par un bijou mycénien, présenté dans la Figure 1 (Speiser, 1976). L'auteur a clairement identifié les symétries de l'objet et leur construction, mais n'en tire qu'un avantage esthétique.

En fait, ces considérations sont censées refléter l'harmonie du monde, selon Kepler. Mais l'étude systématique des propriétés de symétrie demande un niveau de sophistication mathématique qui ne sera disponible

qu'à la fin du 19e siècle), des bijoux mycéniens (16e siècle av. JC) ou béotiens (1000 – 600 av. JC), à savoir la *théorie des groupes*. Celle-ci connaîtra alors rapidement des développements mathématiques considérables, sous l'impulsion d'auteurs tels que E. Galois, G. Frobenius, I. Schur, W. Burnside, E. Cartan ou H. Weyl. Pour un panorama de la théorie, nous pouvons suggérer l'ouvrage de Loebl (1968-1975) ou celui de Gilmore (2005).

Quant à la physique, c'est par la *cristallographie* que les groupes feront leur entrée. Dès la fin du 19e siècle, on découvrira successivement les 32 classes cristallographiques, correspondant aux 32 groupes ponctuels (symétrie autour d'un point), puis les 14 types de réseaux de Bravais, le tout menant aux 230 groupes d'espace (Fedorov, Schoenflies).



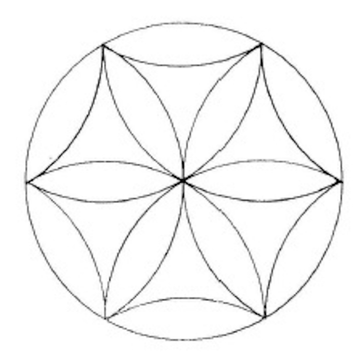


FIGURE 1 – Un exemple antique : symétrie d'ordre 6 dans un bijou mycénien. (A gauche) Le bijou ; (A droite) Ses symétries (Speiser, 1976).

2. Intermède : rappels de théorie des groupes

Au risque de paraître pédant, rappelons (sans souci de rigueur mathématique !) quelques notions qui seront utilisées dans la suite. Un *groupe* est un ensemble G muni d'une loi de composition interne $(g, g') \mapsto gg'$, appelée produit, telle que :

(i) le produit est associatif : $g_1(g_2g_3) = (g_1g_2)g_3, \forall\, g_1, g_2, g_3 \in G$;

(ii) il existe un *élément neutre* $e \in G$ (nécessairement unique) tel que : $eg = ge = g, \forall g \in G$;

(iii) tout élément $g \in G$ possède un *inverse* $g^{-1} \in G$ (nécessairement unique) tel que : $gg^{-1} = g^{-1}g = e$.

Le groupe est dit *abélien* ou *commutatif* si le produit est commutatif :

$$g_1g_2 = g_2g_1, \forall\, g_1, g_2 \in G.$$

Exemples :

1. $\mathbb{Z}_2 = \{1, -1\}$ (groupe à 2 éléments).
2. $SO(2) = \{$matrices $2 \times 2 \quad g(\varphi), 0 \leq \varphi < 2\pi\}$, où $g(\varphi) = \begin{pmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix}$, avec la multiplication matricielle.
3. le groupe des transformations de Galilée.
4. SO(3), le groupe des rotations de $\mathbb{R}^3$; SO(n), le groupe des rotations de $\mathbb{R}^n$.
5. SO(1,3), le groupe de Lorentz.
6. Le groupe de Poincaré : P(1,3) = $\mathbb{R}^4 \rtimes$ SO(1,3) avec $(a, \Lambda)(a', \Lambda') = (a + \Lambda a', \Lambda\Lambda'); a \in \mathbb{R}^4, \Lambda \in SO(1,3)$ (produit semi-direct).
7. $SU(2) = \{$matrices 2×2 unitaires, de déterminant $1\}$
8. $SU(n) = \{$matrices $n \times n$ unitaires, de déterminant $1\}$

Un *groupe de Lie* est un groupe possédant une structure de variété analytique compatible avec la structure de groupe. Ceci signifie que les éléments $g \in G$ peuvent être paramétrisés, $g \equiv g(\varphi_k)$, de telle sorte que les opérations de groupe soient données par des fonctions analytiques des paramètres φ_k.

L'*algèbre de Lie* $\mathfrak{g}$ d'un groupe de Lie G est l'espace vectoriel des vecteurs tangents à G à l'identité. Géométriquement, ceux-ci sont les générateurs infinitésimaux du groupe.

Enfin, une *représentation* (linéaire) d'un groupe G est un homomorphisme T de G dans les opérateurs linéaires inversibles d'un espace vectoriel :

. $T(g_1 g_2) = T(g_1)T(g_2)$,
. $T(g^{-1}) = T(g)^{-1}$,
. $T(e) = \mathbb{1}$.

La représentation T est unitaire si chaque $T(g)$ est un opérateur unitaire.

3. Symétries en physique classique

Bien sûr, la cristallographie du 19e siècle relève de la physique classique, mais ceci est évidemment temporaire. Quelques années plus tard, les cristaux intègreront le monde quantique.

Pour la physique classique proprement dite, un domaine essentiel pour l'application de la théorie des groupes est évidemment la relativité (restreinte). Le *principe de relativité* stipule que deux observateurs décrivent un système physique par les mêmes équations s'ils sont *équivalents*. Un observateur pouvant être assimilé à un référentiel de l'espace-temps, « équivalents » signifie « équivalents sous une transformation de l'espace-temps

(translation, rotation, ...) qui envoie l'un sur l'autre ». Ces transformations constituent le *groupe de relativité*. Se pose alors le problème du choix de ce groupe. On distinguera :

. Systèmes au repos : groupe euclidien $\mathcal{E}$ (constitué des translations et des rotations de $\mathbb{R}^3$) ;

. Relativité galiléenne : groupe de Galilée ;

. Relativité restreinte : groupe de Poincaré ;

. Relativité générale : pas de groupe global, il y a seulement invariance *locale* sous le groupe de Poincaré.

Ceci dit, un rôle essentiel est joué par la *théorie d'Emmy Noether* : l'invariance sous un groupe de Lie G implique des lois de conservation et réciproquement. Les quantités conservées sont données par des éléments de l'algèbre de Lie $\mathfrak{g}$ de G (ou son algèbre enveloppante).

4. Principes de la physique quantique

Comme on le trouvera dans n'importe quel manuel de mécanique quantique (voir p. ex. Cohen-Tannoudji *et al.*, 1977)), les principes de base de la mécanique quantique sont au nombre de trois, à savoir :

(1) Le principe de *superposition* : toute combinaison linéaire de deux états d'un système est un état, ce qui implique que l'espace des états $\mathcal{H}_0$ est un espace vectoriel. Il y a donc une *structure linéaire* intrinsèque (qui est totalement absente en physique classique).

(2) L'*amplitude de transition* entre deux états est donnée par une forme sesquilinéaire hermitienne : $A(\phi_{\rm in} \to \phi_{\rm out}) = \langle \phi_{\rm out} | \phi_{\rm in} \rangle$.
De même, la *probabilité de transition* correspondante est donnée par le carré du module de cette amplitude : $P(\phi_{\rm in} \to \phi_{\rm out}) = |\langle \phi_{\rm out} | \phi_{\rm in} \rangle|^2$
Il s'ensuit que l'espace des états $\mathcal{H}_0$ est un espace *préhilbertien*.

(3) Les observables du système sont représentées par des opérateurs linéaires dans $\mathcal{H}_0$, qui ne commutent en général pas, ce qui implique des *relations d'incertitude*. Il faut donc recourir à une interprétation probabiliste de la théorie.

Il faut noter ici que la structure d'espace préhilbertien ne détermine *pas* une norme hilbertienne unique, mais seulement une classe d'équivalence de normes hilbertiennes. Rappelons que deux normes $\|\cdot\|_1$ et $\|\cdot\|_2$ sont équivalentes, ce que l'on note $\|\cdot\|_1 \asymp \|\cdot\|_2$, si elles vérifient la condition suivante :

$$a \, \|f\|_2 \leq \|f\|_1 \leq b \, \|f\|_2 \, , \forall f \in \mathcal{H}, \ a, b > 0.$$

Il s'ensuit que le groupe d'invariance de l'espace préhilbertien $\mathcal{H}_0$ est l'espace $GL(\mathcal{H}_0)$ des opérateurs bornés à inverse borné.

Toutefois, pour des raisons qui relèvent du « confort mathématique », on fixe une norme (hilbertienne) particulière, et l'on prend le complété par rapport à celle-ci, ce qui donne donc un véritable espace de Hilbert $\mathcal{H}$. Dès lors on a à sa disposition tout l'arsenal mathématique développé principalement par von Neumann : opérateurs auto-adjoints, théorie spectrale, évolution unitaire, ...). En définitive, les états du système quantique constituent un *espace de Hilbert* $\mathcal{H}$ et le groupe d'invariance est $U(\mathcal{H})$, l'ensemble des opérateurs unitaires. [Plus précisément, il faut tenir compte du fait que deux vecteurs qui ne diffèrent que par la phase représentent le même état, ce qui implique que le véritable espace des états est l'espace de Hilbert projectif constitué des rayons unitaires de $\mathcal{H}$.]

Remarquons au passage que, parallèlement à la formulation hilbertienne standard (qui remonte à Schrödinger, en 1926) que nous venons d'esquisser, il existe aussi une version algébrique, due à Haag et Kastler (1964), dans laquelle l'espace des observables est une *C*- algèbre* $\mathfrak{A}$ et les états sont donnés par des fonctionnelles linéaires continues sur $\mathfrak{A}$. Le lien avec la formulation traditionnelle se fait à l'aide des représentations des C*-algèbres. Nous n'y reviendrons plus.

5. Physique quantique et symétrie

5.1. Principes généraux

Par définition, une *symétrie* est une application $\mathcal{H} \to \mathcal{H}$ qui préserve toutes les probabilités de transition. On a alors les résultats fondamentaux suivants :

. Selon Wigner, une symétrie est réalisée par un opérateur unitaire ou anti-unitaire dans $\mathcal{H}$.

. Selon Bargmann, un groupe de symétrie G est réalisé par une représentation unitaire $U(G)$ dans $\mathcal{H}$ (à des phases près) : $U(G) = \{U(g) : \mathcal{H} \to \mathcal{H}, g \in G\}$ avec les relations

$$U(g_1)U(g_2) = U(g_1g_2), \quad U(g^{-1}) = [U(g)]^{-1}, \quad U(e) = 1.$$

Si $U(G)$ est réductible, on la décompose en irréductibles :
$U = \oplus_j U_j$, correspondant à $\mathcal{H} = \oplus_j \mathcal{H}_j$.

Soient $U = \oplus_j U_j$ et A une quantité d'intérêt physique avec un comportement simple sous G, p. ex. vecteur ou tenseur si $G = SO(3)$. Une telle quantité est donnée le plus souvent par des *éléments de matrice* $\langle\phi|A|\psi\rangle$, avec $\phi \in \mathcal{H}_j, \psi \in \mathcal{H}_k$. Alors cette quantité ne dépend en général pas des

états ϕ, ψ, mais seulement des sous-représentations U_j, U_k, et est souvent nulle (règle de sélection). Ceci est le contenu du théorème de Wigner–Eckart (Cohen-Tannoudji *et al.*, 1977, 2018).

De plus les observables principales dérivent (de l'algèbre de Lie) du groupe de symétrie, via le théorème de Noether :

. invariance sous $\mathcal{E}$ (translations et rotations) $\Rightarrow$ moment total et moment angulaire total ;

. invariance sous translations temporelles $\Rightarrow$ Hamiltonien (énergie totale) ;

. invariance sous le groupe de Galilée $\Rightarrow$ observables de position.

Un concept fondamental pour les applications est celui de *symétries approchées*, introduit par G. Racah (1961). Soit un Hamiltonien $H = H_0 + H_1$ où H_0 est invariant sous G et H_1 est une petite correction, invariante sous un sous-groupe de G seulement, mais se transformant simplement sous G. Dans ce cas, le calcul des éléments de matrice est considérablement simplifié. Itérant le procédé, on obtient une hiérarchie de symétries approchées, de plus en plus brisées, $H = H_0 + H_1 + H_2 + \ldots$, correspondant à une hiérarchie de groupes $G \supset G_1 \supset G_2 \supset \ldots$ Cette approche par symétries exactes et approchées a fourni un outil extrêmement puissant dans toute la physique quantique, à partir de la fin des années 20, sous l'impulsion de physiciens ou mathématiciens comme Heisenberg, Pauli, Weyl, van der Waerden, Wigner, ou Bargmann. Pour certains ouvrages originaux, nous renvoyons à Weyl (1950) ou Wigner (1959).

5.2. Atomes, molécules, solides

C'est dans le contexte de la physique atomique et moléculaire que la méthode des symétries approchées a fourni ses résultats les plus spectaculaires. Considérons d'abord l'atome d'hydrogène (potentiel de Coulomb, pas de spin). Les niveaux d'énergie sont donnés par la formule de Balmer, $E_n \sim -1/n^2, n = 1, 2, \ldots$, et ils sont fortement dégénérés : pour chaque n, le moment angulaire vaut $l = 0, 1, 2, \ldots, n-1$, et pour chaque l, $(2l+1)$ il y a $2l+1$ états indexés by $m_l = -l, -l+1, \ldots, l$.

L'explication par la théorie des groupes est la suivante. Pour chaque n, les représentations irréductibles $D^{(l)}(l = 0, 1, \ldots, n-1)$ de SO(3) forment une seule représentation irréductible $D^{(n^2)}$ de SO(4). C'est ce qu'on appelle une dégénérescence accidentelle, déjà présente classiquement. Elle fut découverte dans ce contexte par Pauli dès 1926 et surtout Fock en 1935. Si l'on tient compte du spin 1/2 de l'électron (Pauli), chaque état $|n, l, m\rangle$ admet 2 électrons. Dès lors, le moment angulaire s'écrit $y = l \pm \frac{1}{2}$, ce qui correspond à la décomposition dans SU(2) : $D^{(l)} \otimes D^{(1/2)} = D^{(l+1/2)} \oplus D^{(l-1/2)}$.

L'étape suivante consiste à introduire le groupe de symétrie dynamique : $D = \oplus_{n \in \mathbb{N}} D^{(n^2)}$ constitue une seule représentation irréductible de SO(4,1) ou SO(4,2) (de dimension infinie). Dans le cas d'atomes plus compliqués, on répète la procédure, ce qui fournit le modèle en couches des atomes, et donc justifie le tableau de Mendeleev.

Pour les *molécules*, on obtient ainsi une classification des configurations et des niveaux d'énergie, simplifiée par l'utilisation des symétries finies.

Quant aux *cristaux*, on arrive finalement à la théorie quantique des solides, combinant cristallographie classique (groupes) et mécanique quantique, brillamment initiée dans le papier classique de Bouckaert *et al.* (1936).

Bien que la théorie des groupes ait permis d'obtenir des résultats spectaculaires, inaccessibles auparavant, cela ne s'est pas fait facilement. Dans les années 30, cette progression continue de la méthode était connue des physiciens comme la « *Gruppenpest* » !

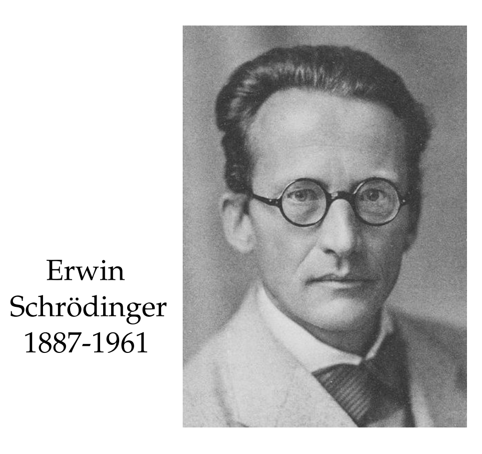
Nous présentons dans la Figure 2 certains des principaux protagonistes de cette saga : Erwin Schrödinger et John von Neumann, qui ont élaboré la formulation hilbertienne de la mécanique quantique (non relativiste), Wolfgang Pauli, qui a introduit le spin, Paul Dirac, qui a découvert la notion d'antiparticule, Hermann Weyl, qui a le premier introduit systématiquement les groupes en physique quantique, et Eugene Wigner, largement responsables de la théorie des groupes et de son application en physique quantique.

6. Etats cohérents, ondelettes

Un domaine où les groupes jouent un rôle important est celui de l'*interaction matière - rayonnement*, autrement dit l'optique quantique. Au départ, on prend les opérateurs de création $a^\dagger$ et d'annihilation a de l'oscillateur harmonique quantique. Ceux-ci engendrent l'algèbre de Lie du groupe de Weyl-Heisenberg : $(a, a^\dagger, I) \sim (q, p, I)$, où q, p sont les opérateurs de position et de moment, respectivement. Ceci peut être utilisé pour résoudre la plupart des problèmes impliquant un hamiltonien au plus quadratique. De tels hamiltoniens couvrent une partie considérable de l'optique quantique, en particulier, la description des lasers et autres phénomènes cohérents. Naturellement, les états de tels systèmes sont appelés *états cohérents* (canoniques).

Ces derniers furent introduits par Schrödinger en 1926, comme les états décrivant le mieux la limite classique de la mécanique quantique. Ils furent toutefois rapidement oubliés, suite à une remarque dénigrante de Pauli. Ils furent redécouverts vers 1960 par R.J. Glauber, J.R. Klauder et E.C.G. Sudarshan (Klauder & Sudarshan, 1968) dans le contexte de la description en

Erwin Schrödinger 1887-1961

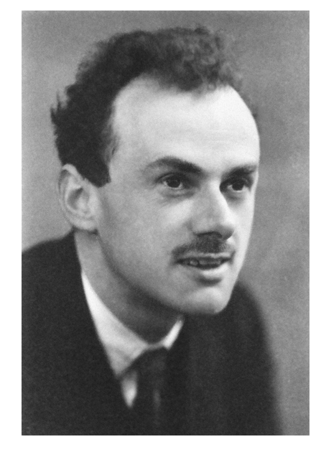




John von Neumann 1903-1957

Wolfgang Pauli 1900-1958





Paul Dirac 1902-1984

Hermann Weyl 1885-1955





Eugene Wigner 1902-1995

FIGURE 2 – Les protagonistes [d'après Wikipedia et ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv (Pauli-Weyl)]

optique quantique des faisceaux lumineux cohérents émis par les lasers. A première vue, ceci n'a pas grand chose à voir avec la théorie des groupes … jusqu'à ce que le mathématicien Perelomov et le physicien Gilmore, indépendamment, remarquent en 1972 que les états cohérents peuvent être obtenus par l'action d'un groupe de Lie sur un vecteur de base $\psi \in \mathcal{H}$: $\psi_g := U(g)\psi, g \in G$, où U est une représentation unitaire du groupe G. Ceci s'applique à une série d'exemples courants : le groupe de Weyl-Heisenberg G_{WH} fournit (évidemment) les états cohérents (canoniques) ; le groupe des rotations SO(3) donne les états cohérents de spin ; le groupe SU(1,1) fournit les états cohérents décrivant une particule dans un puits infini de potentiel ou les états comprimés (*squeezed states*) d'un atome …. En fait, les états cohérents (généralisés) ont trouvé des applications dans tous les domaines de la physique, optique quantique, bien sûr, mais aussi physique nucléaire, atomique et de la matière condensée, électrodynamique quantique (dans le problème infrarouge), quantification et déquantification, intégrales de chemin, pour n'en citer que quelques-unes. Une étude systématique est fournie par l'ouvrage de J.-P. Gazeau (2009).

Un développement particulièrement spectaculaire des états cohérents est *l'analyse en ondelettes*, devenue omniprésente aujourd'hui en physique, en mathématique et en science de l'ingénieur. En fait, les ondelettes (continues) ne sont rien d'autre que les états cohérents associés au groupe affine (dilatations, translations sur $\mathbb{R}$). Elles furent découvertes par A. Grossmann et J. Morlet en 1984, puis I. Daubechies, et appliquées au traitement du signal (analogique). Elles furent étendues à la dimension 2 par A. Grossmann, I. Daubechies, R. Murenzi *et al.* en 1990, en vue du traitement de l'image. Finalement, Y. Meyer et S. Mallat introduisirent les *ondelettes discrètes*, qui permettent le traitement du signal numérique (mais n'ont plus rien à voir avec les groupes !). On trouvera une introduction détaillée et les références aux travaux originaux de la théorie des ondelettes dans l'article récent que nous avons publié dans la présente revue (Antoine, 2018) ainsi que dans notre ouvrage (Ali, Antoine & Gazeau, 2014).

7. Symétries internes

Les symétries discutées jusqu'ici sont de nature géométrique, mais il en existe un autre type, les symétries *internes*. Ainsi, par exemple :

- la conjugaison de charge, qui échange particule et antiparticule ;
- l'isospin, introduit par Heisenberg en 1932 et réalisé par le groupe SU(2) ; p. ex. le nucléon, c.-à-d. le couple proton-neutron, est un doublet d'isospin 1/2.

Cette approche mène à la *classification des particules élémentaires*. Dans un premier temps, on groupe les particules en multiplets d'isospin. Ensuite on ajoute un nouveau degré de liberté interne, appelé hypercharge Y (ou son équivalent l'étrangeté S), introduit par Gell-Mann et donnant lieu à la relation célèbre $Q = T_3 + \frac{1}{2}Y$, où Q désigne la charge électrique et T_3 la troisième composante de l'isospin. Combinant isospin et hypercharge, Gell-Mann (1961, 1962) introduit alors le groupe SU(3), qui permet de classer toutes les particules connues en multiplets correspondants. Le succès le plus spectaculaire de cette approche fut la découverte en 1964 de la particule quasistable Ω, prédite par le modèle, avec la masse et les nombres quantiques corrects.

La théorie prit un nouveau tournant peu après, quand Gell-Mann (et Zweig, indépendamment) suggéra que tous les hadrons connus étaient des états liés de trois particules fondamentales, les *quarks*, et de leurs antiparticules. Ce modèle, naïf au départ, connut un succès remarquable, quoique les quarks eux-mêmes n'ont jamais pu être observés isolément (on parle alors de *confinement*). Le modèle des quarks s'enrichit progressivement par la découverte de trois quarks supplémentaires : charm (1974), bottom (1977), top (1993). Il forme ainsi la base du *Modèle Standard* actuel, avec groupe de symétrie U(1)$\otimes$SU(2)$\otimes$SU(3).

En fait, les techniques de théorie des groupes ne s'arrêtent pas à la classification des particules, elles permettent aussi de déterminer leurs propriétés dynamiques. Après une première suggestion (Gell-Mann et Feynman) de traiter le courant électromagnétique et le courant faible comme un triplet d'isospin, l'idée vint (Cabibbo) de traiter de cette façon tous les courants hadroniques, par l'extension de SU(2) à SU(3). Tout ceci mena Gell-Mann à l'algèbre des charges, liée à la symétrie SU(3)$\otimes$ SU(3). Finalement, on postulera que les courants eux-mêmes possèdent la même symétrie ; c'est la célèbre *algèbre des courants* de Gell-Mann (*symétrie chirale*), qui possède une symétrie locale SU(3)$\otimes$ SU(3). Un bon nombre des articles originaux sont reproduits dans l'ouvrage de Dyson (1966). On peut consulter aussi l'ouvrage de Bohm *et al.* (1988).

Ces développements constituent une évolution remarquable dans l'utilisation des techniques de théorie des groupes. A ce stade, la structure précise des différents courants hadroniques est inconnue, seules leurs propriétés de symétrie importent. C'est l'exact contrepied des applications initiales décrites plus haut, par exemple en physique atomique. On ne peut pas s'empêcher de noter l'analogie avec le célèbre « Cheshire cat »de Lewis Carroll : le chat a disparu, il ne reste que son sourire ...

8. Théories de jauge

Le développement le plus spectaculaire de ces dernières années est l'émergence, puis l'omniprésence, des théories de jauge. Une symétrie interne peut être soit *globale*, soit *locale*. Dans le premier cas, l'action d'un groupe G sur un champ $\phi(x)$ est indépendante du point x ; dans le second, l'action de G varie de point en point. On parle alors de *théorie de jauge* (*gauge field theory*), et le groupe G est appelé groupe de jauge. L'idée remonte à Weyl (1918) qui traita l'électromagnétisme comme une théorie de jauge U(1) (donc abélienne). Mais le réel point de départ fut la proposition par Yang et Mills en 1954 d'une théorie de jauge non abélienne basée sur le groupe SU(2). Cette proposition marque aussi l'introduction de la géométrie différentielle en physique quantique (espaces fibrés, connexions, ...). Toutefois, la suggestion de Yang et Mills ne devint populaire qu'à partir du moment où le physicien hollandais G. 't Hooft (1971) démontra la renormalisabilité d'une théorie de jauge non abélienne, c.-à-d. qu'elle est susceptible de fournir des prédictions *finies*, donc vérifiables.

Contrairement aux théories des champs usuels, une théorie de jauge est nécessairement exacte. Il y a donc beaucoup moins de paramètres arbitraires, ce qui rend la théorie plus cohérente. En particulier, le lagrangien d'interaction est déterminé univoquement. D'autre part, les interactions sont réalisées par des particules de masse nulle, comme le photon pour l'électromagnétisme.

8.1. Le Modèle Standard

La méthode fut rapidement généralisée. S. Weinberg, A. Salam et S. Glashow (1962-68) reformulèrent les interactions électrofaibles comme une théorie de jauge basée sur G = SU(2)⊗U(1), et enfin D. Gross, H. Politzer et F. Wilczek (1970s) firent de même avec les interactions fortes, obtenant ainsi la chromodynamique quantique, basée sur le groupe de jauge G = SU(3). Ce dernier agit sur un nouveau degré de liberté interne : chacun des quarks apparaît sous 3 aspects appelés *couleur*. On généralise ainsi le modèle des quarks original. Le résultat final est le Modèle Standard actuel qui est une théorie de jauge SU(3)⊗SU(2)⊗U(1). A noter que ce dernier est resté longtemps incomplet, car il manquait un chaînon essentiel, le boson de Higgs-Brout-Englert. Celui-ci est censé donner une masse non nulle à toutes les particules, excepté le photon et les gluons (l'analogue du photon pour transmettre l'interaction forte), par un mécanisme subtil appelé *brisure spontanée de symétrie*, c.-à-d. que l'état fondamental a une symétrie moindre que l'hamiltonien. Ledit boson fut finalement découvert expérimentalement au CERN en 2012, ce qui valut des prix Nobel 2013 à P. Higgs

et F. Englert (ULB), R. Brout étant décédé entretemps.

8.2. Retour sur les particules élémentaires

Le modèle Standard prédit donc les particules élémentaires suivantes :

. Quarks : u (up), c (charm), t (top), d (down), s (strange), b (bottom)

. Leptons : électron, muon, tau, 3 neutrinos associés

. Photon : médiateur de l'interaction électromagnétique

. Bosons faibles $W^{\pm}$, Z^0 : médiateurs de l'interaction faible

. Gluons (8) : médiateurs de l'interaction forte

. Boson de Higgs-Brout-Englert : fournit la masse aux autres particules

Ces particules s'organisent en familles, ainsi qu'il ressort du tableau repris à la Figure 3.

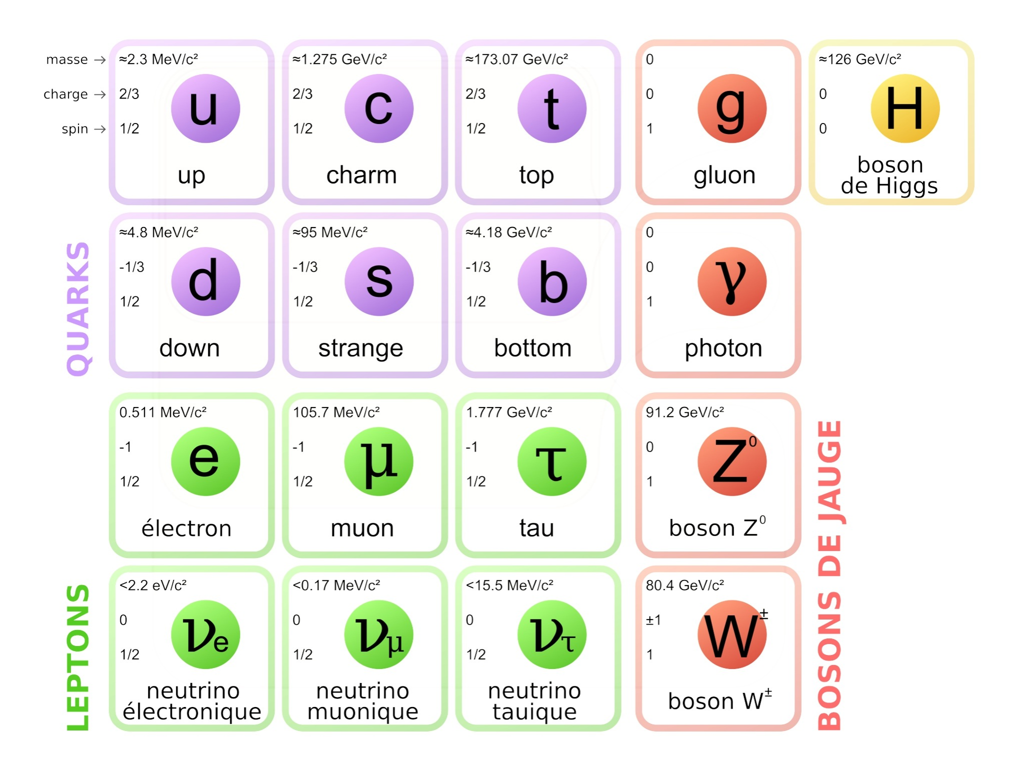


FIGURE 3 – Tableau des particules élémentaires proposées par le Modèle Standard [d'après Wikipedia].

9. Développements récents

Les méthodes de théorie des groupes ont continué à s'étendre, notamment en traitement du signal. Il y a d'une part la théorie des « coorbites »(*coorbit theory*), basée sur une représentation intégrable d'un groupe, et qui fournit une discrétisation élégante et très générale de l'analyse continue d'un signal (Feichtinger & Gröchenig, 1989).

Tout aussi ambitieuse est la théorie des « *shearlets* », introduite par Kutyniok et ses collaborateurs (Kutyniok & Labate, 2012). L'idée est simplement de remplacer les rotations inhérentes à la transformée en ondelettes (TO) continue bidimensionnelle par des opérations de cisaillement (*shear*). Ceci permet d'obtenir des transformations directionnelles. Au même titre que la TO continue, cette transformation découle d'un groupe de Lie, appelé le « *shearlet group* ». Elle peut ensuite être discrétisée, ce qui mène à une transformation qui généralise la TO discrète bidimensionnelle et qui s'avère être très puissante.

Bien sûr, les applications de la théorie des groupes se sont principalement développées en physique des interactions fondamentales. De nombreuses suggestions ont été proposées, mais beaucoup n'ont pas abouti. Il en est ainsi des théories dites de grande unification, qui visent à couvrir toutes les interactions, excepté la gravitation. Différents modèles ont été proposés, basés sur SU(5), SO(10), . . . , mais aucun n'a survécu, car tous prédisaient de nouvelles particules et/ou la désintégration du proton, jamais observée.

Une extension qui connaît toujours un grand succès est la *supersymétrie*, qui vise à l'unification des bosons et des fermions. Etant donné la différence de statistique entre les deux, Bose-Einstein pour les bosons et Fermi-Dirac pour les fermions, une telle théorie induit nécessairement de nouvelles règles mathématiques, pour incorporer des variables qui *anticommutent*. On arrive ainsi à toute une panoplie de nouvelles notions, supergroupes, superalgèbres de Lie, supervariétés . . . On a dès lors des résultats mathématiques très intéressants, mais sur le plan physique, la supersymétrie n'a reçu aucune confirmation. En particulier, elle prédit l'existence de toute une famille de nouvelles particules, miroir des particules connues (photinos, gluinos,. . .), jamais observées. Ceci est une des composantes de la *nouvelle physique* ou *physique au-delà du modèle standard* si recherchée aujourd'hui.

Une approche différente découle aussi des théories de jauge. L'idée originale de Weyl (qui n'a pas abouti) était d'imposer l'invariance de la théorie sous une reparamétrisation (redéfinition du paramètre de longueur ; Weyl insiste sur l'*invariance d'échelle*). Dans le cas de modèles bidimensionnels, cela mène directement à l'invariance sous les transformations conformes.

Et, de fait, les théories des champs avec *invariance conforme* ont connu un succès considérable (et aussi en mécanique statistique). Elles forment la base de la *théorie des cordes* ou supercordes, selon laquelle les constituants élémentaires de la matière ne sont plus ponctuels, mais plutôt des objets unidimensionnels (cordes) (Green *et al.*, 1987). Mais cette extension signifie aussi le recours à divers groupes de Lie exotiques, comme SO(32) ou les groupes exceptionnels E(6), E(7), E(8). D'autre part, le groupe conforme en dimension 2 n'est plus un groupe de Lie, car il contient un nombre infini de paramètres. C'est ainsi que les *algèbres de Lie de dimension infinie* se sont invitées en physique des interactions fondamentales. Tout d'abord l'algèbre de Virasoro, très proche de l'algèbre conforme. Ensuite, par combinaison avec la théorie classique des cordes, on est mené à toute la classe des *algèbres de Kac–Moody* et leur représentations (Kac, 1983).

Une autre direction de recherche est celle des *groupes quantiques* (*quantum groups*) et autres déformations des algèbres de Lie classiques. On peut remarquer ici ironiquement que ces groupes quantiques ne sont ni des groupes, ni quantiques, ce sont en fait des algèbres de Hopf, une structure bien connue des algébristes !

L'ultime extension de tout ce que nous avons décrit est la *gravité quantique*. Celle-ci cherche à concilier la mécanique quantique et la relativité générale. Pour ce faire, elle incorpore les notions de théorie de jauge, la supersymétrie, la théorie des (super)cordes. De nombreuses variantes ont vu le jour, mais aucun formalisme vraiment concluant n'a émergé (Rovelli, 2004).

Une application tout à fait différente de la théorie des groupes est l'utilisation des *groupes de tresses* (*braid groups)* dans différents domaines. Ceci demande un mot d'explication. Etant donné un ensemble $A_n = \{a_1, \ldots, a_n\}$ de n points, on appelle *tresse* à n brins une bijection continue $\sigma : A_n \to A_n$. La Figure 4 montre des exemples de tresses à 3 ou 4 brins. On définit la composition de deux tresses simplement par leur application successive (voir Figure 5). Avec cette opération, l'ensemble des tresses à n brins constitue un groupe, noté B_n. Cette notion et ses représentations ont été intro-

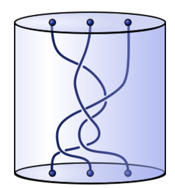



FIGURE 4 – Une tresse à 3 brins, resp. 4 brins (d'après Wikipedia).

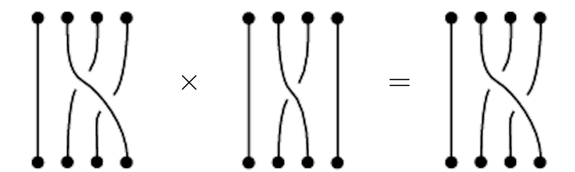


FIGURE 5 – Produit de deux tresses (d'après Wikipedia).

duites par E. Artin dès 1925 (Artin, 1947), dans un contexte purement mathématique (géométrie algébrique, théorie des noeuds). Plus récemment, elles ont trouvé de nombreuses applications en physique mathématique, notamment en mécanique statistique (équation de Yang-Baxter), en physique des particules (anyons et fermions de Majorana), en physique des fluides ou en informatique théorique (« *quantum computing* ». On peut à ce propos consulter l'article de revue (Kauffman, 2016).

A propos de l'informatique théorique (*quantum computing*), un autre type de groupe est apparu récemment, à savoir les groupes de Galois et plus généralement les groupes profinis (c.-à-d. les groupes topologiques Hausdorff, compacts et totalement discontinus), qui apparaissent dans la théorie de Galois ou des corps finis. En particulier, le groupe p-adique $\mathbb{Z}_p$, qui est l'exemple type de groupe de Galois, joue un rôle explicite en informatique. A ce propos, on peut consulter les ouvrages de Vourdas (2007, 2017) et, pour la théorie de Galois, les livres très pédagogiques d'Escoffier (2000) ou de Kibler (2017).

10. Et en Belgique ?

Il n'est peut-être pas inutile de terminer ce panorama par un petit plaidoyer *pro domo*. En effet, plusieurs universités belges ont été actives dans le domaine. Tant à l'ULB (groupe de C. Quesne et collaborateurs : transformations canoniques, oscillateurs déformés, ...) et groupe de Brout-Englert : théories de jauge) qu'à l'UGent (groupe de J. Van der Jeugt et collaborateurs : supersymétrie, mécanique quantique q-déformée, ...) ou à l'Université de Liège (groupe de J. Beckers : groupe de Poincaré, groupe conforme), une activité significative a eu lieu concernant la théorie des groupes et ses applications en physique. En outre, les ondelettes ont été étudiées dans la plupart des universités belges (mais pas nécessairement en lien avec la théorie des groupes).

Mais c'est surtout à l'UCL que ce thème a joué un rôle majeur, sous l'impulsion de David Speiser. Déjà avant la guerre, Bouckaert (1936) comptait parmi les pionniers dans l'application de la théorie des groupes en

physique du solide. Quant à l'histoire récente, elle démarre avant même l'arrivée de D. Speiser en Belgique, par un cours donné par celui-ci en 1962 dans une école d'été de l'OTAN à Istanbul (Speiser, 1964). La plupart des physiciens qui se sont illustrés dans la suite participaient à ce cours (oserions-nous dire que c'est là qu'ils ont appris la théorie ?). Toujours est-il que très rapidement les méthodes graphiques pour étudier les représentations des groupes compacts sont apparues sur le marché et se sont répandues en physique des interactions fondamentales (Behrends *et al.*, 1962). Le sujet à la mode à l'époque était d'identifier le groupe qui pourrait permettre de classifier les particules élémentaires (Speiser & Tarski, preprint en 1961, 1963). Ainsi que nous l'avons vu plus haut, c'est finalement M. Gell-Mann qui trancha en 1961-62 (Gell-Mann, 1961, 1962). Mais l'étude, tant mathématique que pour les applications en physique des interactions fondamentales, continua à l'UCL . La méthode graphique pour décrire les « diagrammes des poids » des représentations irréductibles découle directement des classiques (E. Cartan, H. Weyl, H. Hopf, E. Stiefel), mais est beaucoup plus simple à utiliser et peut se généraliser, jusqu'aux algèbres de Kac-Moody (algèbres de Lie de dimension infinie) (Antoine & Speiser, 1964 ; Humphreys, 1972 ; Kac, 2016). On en trouvera une description plus imagée dans l' article (Antoine, 2006), inclus dans l'ouvrage dédié à D. Speiser.

11. Conclusion

La physique des interactions fondamentales a progressé considérablement ces dernières années. Le modèle standard donne une structure cohérente à l'ensemble et la découverte du Higgs a validé le modèle. Il reste néanmoins beaucoup de problèmes ouverts, connus globalement sous l'appellation de *nouvelle physique* ou *physique au-delà du modèle standard*. Tout d'abord, le modèle standard explique *comment* le système fonctionne, mais pas *pourquoi*. Il y a trop de paramètres arbitraires, p. ex. les masses. Ensuite, la supersymétrie est un concept fascinant, mais resté jusqu'à présent purement théorique. Mais surtout il y a toujours incompatibilité entre la relativité générale et la mécanique quantique, alors que ces deux théories sont toujours davantage validées expérimentalement. La gravité quantique tente de répondre à la question, mais les progrès sont lents, étant donné la complexité du problème.

Toutefois, au vu du chemin parcouru, il n'en reste pas moins que les méthodes de la théorie des groupes ont fourni un outil puissant et très souple. Passant de la description des symétries exactes aux symétries approchées, de plus en plus brisées, puis aux symétries dynamiques, la « Grup-

penpest »a fini par envahir presque tous les domaines de la physique, parfois de façon fondamentale. A part l'analyse et l'algèbre linéaire, peu de techniques mathématiques ont eu un tel succès.

Remerciements

Cet article est issu d'un exposé fait au séminaire « Fondements et Notions Fondamentales » de Patricia Radelet-de Grave. Elle m'a ainsi donné l'occasion de présenter ce sujet et donc d'ajouter au séminaire un peu de quantique dans un contexte purement classique (car historique) et je l'en remercie. Patricia Radelet-de Grave et Dominique Lambert ont bien voulu relire intégralement le manuscrit. Leurs commentaires et/ou critiques constructives ont considérablement amélioré le texte sur le plan de la rigueur, de la cohérence et de la pédagogie, je les en remercie tous deux chaleureusement.

Bibliographie

[1] Ali, S.T., Antoine, J-P., & Gazeau, J-P. (2014). *Coherent States, Wavelets, and Their Generalizations*, 2nd ed., Springer, New York *et al.*

[2] Antoine, J-P. & Speiser, D. (1964). Characters of irreducible representations of the simple groups. I. General theory. II. Application to classical groups, *J. Math. Phys.* 5, 1226–1234 ; 1560–1572.

[3] Antoine, J-P. (2006). David Speiser's group theory : From Stiefel's crystallographic approach to Kac-Moody algebras, in *Two Cultures. Essays in Honour of David Speiser*, pp. 13–23 ; K.Williams (ed.), Birkhäuser, Basel.

[4] Antoine, J-P. (2018). L'analyse en ondelettes — De la recherche pétrolière aux reliques du Big Bang (mise à jour), *Revue des Questions Scientifiques* 189, 5–49.

[5] Artin, E. (1947). Theory of Braids, *Annals of Mathematics* 48, 101–126.

[6] Behrends, R.E., Dreitlein, J., Fronsdal, C. & Lee, W. (1962). Simple groups and strong interaction symmetries, *Rev. Mod. Phys.*, 34, 1–40.

[7] Bohm, A., Ne'eman, Y. & Barut, A.O. (eds.) (1988) , *Dynamical Groups and Spectrum Generating Algebras*. Vols. I–II. World Scientific, Singapore, 1988.

[8] Bouckaert, L.P., Smoluchowski, R. & Wigner, E. (1936). Theory of Brillouin zones and symmetry properties of wave functions in crystals, *Physical Review* 50, 58–67.

[9] Cohen-Tannoudji, C., Diu, B. & Laloë, F. (1977). *Mécanique Quantique, Tome I*, Hermann, Paris ; Nouvelle éd. (2018), EDP Sciences et CNRS, Paris.

[10] Dyson, F.J. (1966). *Symmetry Groups in Nuclear and Particle Physics* (a lecture note and reprint volume), Benjamin, New York.

[11] Escoffier, J-P. (2000). *Théorie de Galois*, Dunod, Paris.

[12] Feichtinger, H.G. & Gröchenig, K. (1989). Banach spaces related to integrable group representations and their atomic decompositions. I, *J. Funct. Anal.* 86, 307–340. id. II. *Monatsh. Math.* 108, 129–148.

[13] Gazeau, J-P. (2009). *Coherent States in Quantum Physics*, Wiley-VCH, Berlin.

[14] Gell-Mann, M. (1961). The Eightfold Way : A theory of strong interaction symmetry, Caltech report CTSL-20.

[15] Gell-Mann, M. (1962). Symmetries of baryons and mesons, *Phys. Rev.* 125,1067-1084.

[16] Gilmore, R. (2005). *Lie Groups, Lie Algebras, and Some of Their Applications*, Dover, Mineola, NY.

[17] Green, M.B., Schwarz, J.H. & Witten, E. (1987). *Superstring Theory*, Vols. I–II, Cambridge University Press, Cambridge.

[18] Haag, R. & Kastler, D. (1964). An algebraic approach to quantum field theorem, *J. Math. Phys.* 5, 848–861.

[19] Humphreys, J.E. (1972). *Introduction to Lie Algebras and Representation Theory*, Springer, New York–Heidelberg–Berlin.

[20] Kac, L.H. (2016). *Infinite Dimensional Lie Algebras — An Introduction*, Birkhäuser, Boston–Basel–Stuttgart.

[21] Kauffman, V. (1983). Knot logic and topological quantum computing with Majorana fermions, in *Logic and Algebraic Structures in Quantum Computing*, Chubb, J., Eskandarian, A. & Harizanov, V., (eds), Lecture Notes in Logic, vol.45, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

[22] Kibler, M. (2017). *Galois Fields and Galois Rings Made Easy*, STE Press-Elsevier, London/Oxford.

[23] Klauder, J.R. & Sudarshan, E.C.G. (1968) *Fundamentals of Quantum Optics*, Benjamin, New York.

[24] Kutyniok, G. & Labate, D. (eds.) (2012). *Shearlets : Multiscale Analysis for Multivariate Data*, Birkhäuser, Boston.

[25] Loebl, E.M. (ed.) (1968-1975). *Group Theory and Its Applications*. Vols. 1–3. Academic Press, New York.

[26] Racah, G. (1961). *Group Theory and Nuclear Spectroscopy*, Lecture Notes, Princeton. Technical Report CERN 61-68, Geneva.

[27] Rovelli, C. (2004). *Quantum Gravity*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

[28] Speiser, D.R. & Tarski, J. (1963). Possible schemes for global symmetry, *J. Math. Phys.* 4, 588–612.

[29] Speiser, D. (1964). Theory of Compact Lie Groups and some Applications to Elementary Particle Physics, *Group Theoretical Concepts and Methods in Elementary Particle Physics*, NATO Summer School Istanbul 1962, pp. 201–276 ; Gürsey, F. (ed.), Gordon and Breach, New York.

[30] Speiser, D. (1976). La symétrie de l'ornement sur un bijou du trésor de Mycènes, *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze*, Anno I, Fascicolo 20.

[31] Vourdas, A. (2007). Quantum systems in finite Hilbert space : Galois fields in quantum mechanics, *J. Phys. A* 40, R285–R331.

[32] Vourdas, A. (2017). *Finite and Profinite Quantum Systems*. Springer, Cham, Switzerland.

[33] Weyl, H. (1950),. (original, 1st German ed., 1928). *The Theory of Groups and Quantum Mechanics*. Dover, New York.

[34] Wigner, E.P. (1959) (original, 1st German ed., 1931). *Group Theory and Its Application to the Quantum Mechanics of Atomic Spectra*, Academic Press, New York.

Revue des Questions Scientifiques, 2019, 190 (1-2) : 27-59

Le mathématicien Jean-Nicolas Noël (1783-1867)

Un didacticien infinicole du XIXe siècle

Jacques Bair
Université de Liège
J.Bair@uliege.be

Jean Mawhin
Université catholique de Louvain
jean.mawhin@uclouvain.be

Résumé. – Jean-Nicolas Noël (Dombrot-le-Sec, Vosges, 1783 - Liège, 1867) a consacré sa carrière à l'enseignement et à la didactique des mathématiques et de la physique, du niveau primaire jusqu'à l'université, respectivement en France, au Grand-Duché de Luxembourg et en Belgique. Ses manuels de mathématiques et de physique ont connu de nombreuses éditions. Appelé par l'Université de Liège en 1835, il a pris part activement, vers 1850, à une querelle sur l'enseignement des fondements du calcul différentiel et intégral et sur son utilisation en géométrie dans l'enseignement secondaire. Les partisans traditionnels de la méthode des limites (infinifuges) s'opposaient aux défenseurs de l'emploi des infiniment petits et des infiniment grands (infinicoles), dont Noël a été un ardent partisan. Ses contributions sont analysées à la lumière des points de vue actuels dans ce débat.

Abstract. – Jean-Nicolas Noël (Dombrot-le-Sec, Vosges, 1783 - Liège, 1867) has devoted his career to the teaching and didactics of mathematics and physics, from primary school to university, respectively in France, Luxemburg and Belgium. His mathematical and physical textbooks have seen many editions. Called by the University of Liège in 1835, he has actively taken part around 1850 to a dispute about how to teach the foundations of the calculus and to use it in geometry at the level of high schools. The traditional defenders of the method of limits (infinifuges) are opposed to the ones defending the use of infinitely small and infinitely large quantities (infinicoles), strongly supported by Noël. His contributions are analyzed in the light of the points of view of the present day in this debate.

Mots-clés. – Mathématiques (enseignement et didactique des) — Infini (infinitésimal ou infiniment petit) — Infini (infinicole *vs* infinifuge) — Liège (Université de) — Liège (Société royale des sciences de) — Luxembourg (Athénée de) — Mathématiques (élémentaires)

Plan de l'article

1. Introduction

Les premières universités belges ont été créées avant la naissance du pays ; elles se sont mises en place de façon chaotique.

Après avoir décrit succinctement les contextes historique et géographique dans lesquels se sont développées les universités belges jusqu'à la fin du XIXe siècle, nous allons nous pencher particulièrement sur l'Université de Liège qui vient de fêter le bicentenaire de sa création. Plus spécialement, nous consacrerons ce travail à l'un des premiers mathématiciens de cette université dont il fut recteur : il s'agit de Jean-Nicolas Noël qui a enseigné dans plusieurs régions différentes. Excellent didacticien, il a exercé une influence notoire sur l'enseignement des mathématiques au Luxembourg puis en Belgique. Nous nous attarderons spécialement sur sa conception de l'enseignement élémentaire de l'analyse mathématique : il fut un défenseur convaincu des infinitésimaux ou infiniment petits. Cette vision a surtout été présentée dans différents mémoires publiés par la Société royale des sciences de Liège, à laquelle il a beaucoup apporté.

En conclusion de cette étude, nous pensons que les idées de ce professeur peuvent être vues de nos jours comme ayant été simples, claires, intuitives et motivantes ; d'une certaine manière, la carrière pédagogique de J.-N. Noël peut servir, selon nous, de modèle pour ceux qui enseignent les mathématiques élémentaires, et notamment les débuts de l'analyse mathématique.

2. Contexte historique

Jean-Nicolas Noël a enseigné en France où il est né, au Grand-Duché de Luxembourg où il a passé près de vingt ans à l'Athénée de Luxembourg et enfin à Liège où il fut professeur et même recteur à l'Université. Il a rédigé de nombreux manuels et écrits didactiques sur les principales matières qu'il a enseignées, tant au niveau de l'enseignement primaire que du secondaire et du supérieur. Sur le plan épistémologique, il prit position dans une querelle portant sur l'opportunité d'introduire le concept d'infiniment petit dans l'enseignement de la géométrie et de l'analyse mathématique.

Pour bien comprendre la personnalité et l'œuvre de J.-N. Noël, il nous semble opportun de présenter sommairement le contexte historique dans lequel l'intéressé a travaillé. La période de sa vie fut le théâtre de profondes modifications politiques ; les universités de cette époque ont connu un parcours mouvementé ; l'enseignement de l'analyse mathématique, dont il est spécialement question dans cet article, fut la source de querelles importantes.

Passons succinctement en revue ces trois points en fixant principalement notre attention sur ceux qui ont vraisemblablement eu une influence sur la carrière de J.-N. Noël.

2.1. Les frontières de la Belgique et du Grand-Duché de Luxembourg

Au cours de sa vie, Jean-Nicolas Noël a vécu essentiellement dans le Grand-Est français[1], le Luxembourg et la Wallonie belge, qu'on appelle aussi la Grande Région. Proches géographiquement les unes des autres, ces trois régions ont aussi connu une histoire commune au cours du XIXe siècle.

À la fin du XVIIIe siècle, elles faisaient partie d'un seul pays, la France. Durant le siècle suivant, les frontières de cette zone sont transformées à diverses reprises. La chute de Napoléon Bonaparte (Napoléon Ier), entraîne la perte de la Belgique et du Grand-Duché de Luxembourg actuels par la France. Le Congrès de Vienne (18 septembre 1814 - 9 juin 1815) acte l'intégration de ces deux régions au Royaume uni des Pays-Bas sur lequel règne Guillaume Ier. C'est l'apparition du Benelux actuel.

En 1830, la révolution belge, à laquelle se joint le Grand-Duché, conduit à la scission du royaume et à l'indépendance de la Belgique, proclamée par un

1. Cette région est née en 2016 ; elle résulte de la fusion des anciennes régions d'Alsace, de Lorraine et de Champagne-Ardenne.

gouvernement provisoire le 4 octobre 1830. La constitution belge, datée du 7 février 1831, instaure un système monarchique : le premier roi des Belges est Léopold Ier, de la maison de Saxe-Cobourg et Gotha.

Le 26 juin de cette année 1831, la conférence de Londres acte, par le « traité des XVIII articles », la séparation entre la Belgique et les Pays-Bas, le Grand-Duché restant dans le Royaume des Pays-Bas. Mais le Grand-Duché, à l'exception de la forteresse de Luxembourg, reste gouverné par les autorités belges, et il faut attendre le « traité des XXIV articles » (ou traité de Londres) du 19 avril 1839 pour que les Pays-Bas reconnaissent l'indépendance belge sans toutefois signer ce traité. Cette signature est réalisée en 1843 par Guillaume II, le successeur de Guillaume Ier, dans un nouveau traité conclu à Maastricht. L'actuel Grand-Duché acquiert un statut compliqué : union personnelle avec le royaume des Pays-Bas en restant membre de la Confédération germanique, avec la présence d'une garnison prussienne dans les murs de la forteresse fédérale de Luxembourg.

En 1867, Napoléon III (Louis-Napoléon Bonaparte), dernier monarque français et premier président de la République, propose de racheter le Grand-Duché aux Pays-Bas, mais les chancelleries d'Europe s'y opposent. Cette « crise luxembourgeoise » est réglée pacifiquement par le « deuxième traité de Londres », signé le 11 mai 1867, qui fait du Grand-Duché un état indépendant et neutre.

2.2. La situation des universités belges jusqu'à la fin du XIXe siècle

La plus ancienne université belge est fondée le 4 décembre 1425 à Louvain sous le règne de Jean de Bourgogne (1403-1427), duc de Brabant et de Limbourg; elle fonctionne jusqu'à ce qu'une loi de la République, instaurée pendant la révolution française (1789-1799), ordonne sa fermeture en 1797.

Près de 20 ans plus tard, l'Université de Louvain est rétablie en tant qu'Université d'État des Royaumes des Pays-Bas, l'une des trois créées par Guillaume Ier à Gand, Liège et Louvain, par un décret datant du 25 septembre 1816.

Juste après la création du royaume de Belgique, Léopold Ier ampute les trois Universités d'État en 1831 : celles de Gand et de Louvain perdent leur faculté des sciences, tandis que celle Liège voit disparaître (provisoirement) la faculté de philosophie et lettres. Profitant de la liberté d'enseignement inscrite dans la constitution belge de 1830, les évêques de Belgique fondent à Malines

une Université catholique en 1834; parallèlement, les francs-maçons créent à Bruxelles l'Université libre de Belgique.

L'année suivante, Léopold Ier supprime l'Université d'État de Louvain, mais renforce les deux Universités d'État de Gand et de Liège, tandis que les évêques transfèrent l'Université catholique à Louvain. En 1842, les francs-maçons transforment l'Université libre de Belgique en Université libre de Bruxelles.

Ainsi, dès le milieu du XIXe siècle, le royaume de Belgique possède des universités à Bruxelles (libre), Gand (État), Liège (État) et Louvain (catholique). Ces quatre institutions sont à la base du développement de l'enseignement universitaire belge depuis la seconde moitié du XIXe siècle.

2.3. La situation de l'analyse mathématique et de son enseignement

L'analyse infinitésimale a véritablement été créée durant la seconde moitié du XVIIe siècle. Les travaux préliminaires remontent à l'Antiquité, mais la paternité de l'analyse mathématique est généralement attribuée conjointement à I. Newton (1642-1727) et à G. Leibniz (1646-1716)[2], une querelle de primauté ayant existé entre les deux savants (à ce sujet, voir notamment un « recueil de diverses pièces sur la dispute » [Leibnitz, 1983, pp. 81-122]). Quoi qu'il en soit, le point de vue adopté n'est pas identique dans les deux cas. Newton portait son attention sur le rapport de variations de quantités « fluentes » (*x* et *y*) dans un intervalle de temps infiniment petit : ces variations infinitésimales « s'évanouissent » dans le calcul du quotient. Par contre, Leibniz envisageait des accroissements absolus et non pas relatifs; il faisait appel à la notion d'*infiniment petit*, c'est-à-dire une quantité qui s'évanouit pour être « plus petite que toute quantité donnée, puisqu'il est en notre pouvoir de diminuer l'incomparablement petit, que l'on peut toujours supposer aussi petit que l'on veut » (Leibniz, 1702, cité dans Mawhin, 1997, p. 37). Comme application, il en déduit la manière de « mener la tangente [à une courbe, car c'] est mener une droite qui joint deux points de la courbe ayant une distance infiniment petite, ou le côté d'un polygone d'un nombre infini d'angles, ce qui est pour nous équivalent à une courbe » (Leibnitz, 1983, p. 7). Ce concept lui a également permis d'obtenir des résultats théoriques qu'il jugeait incontestables, car il estimait que :

> « Si un opposant dénie l'exactitude de nos théorèmes, nos calculs montrent que l'erreur est plus petite que toute quantité donnée. [...]

2. Tous les auteurs ne s'accordent pas sur l'orthographe du nom; certains notent Leibnitz.

Nul doute que là se trouve la démonstration rigoureuse de notre calcul infinitésimal » (cité dans Mawhin, 1997, p. 37).

Les travaux de Newton et de Leibniz sont prolongés par de nombreux savants. Mais, à cette époque, le développement de l'analyse ne se fait pas sans hésitations, contestations et même critiques. Des adversaires de la théorie infinitésimale mettent en cause l'existence même des infiniment petits. Ainsi, d'Alembert, dans l'*Encyclopédie*, rejette l'idée de quantités qui peuvent s'évanouir en estimant que :

> « une quantité est quelque chose ou rien. Si elle est quelque chose, elle ne s'est pas annulée ; si elle n'est rien, elle est annulée. La supposition qu'il y ait un État intermédiaire entre les deux est chimère » (cité dans Cornu, 1982, p. 636).

Par ailleurs, certains, dont G. Berkeley (1685-1753), avancent des reproches d'ordre logique[3] en formulant cette critique et cette question :

> « Je ne discute en rien vos conclusions, mais seulement votre logique et votre méthode. [...] Il faut bien rappeler que je ne m'occupe pas de la vérité de vos théorèmes, mais seulement de la manière de parvenir ; est-elle légitime ou illégitime, claire ou obscure, scientifique ou tâtonnante ? » (Berkeley, 1734, cité dans Gaud, Guichard, Sicre, Chrétien, 1998, p. 17).

Néanmoins, à la fin du XVIIIe siècle, si les mathématiciens avaient réglé théoriquement toutes les questions fondamentales de l'analyse qui peuvent être traitées à l'aide des infiniment petits, ils s'interrogeaient sur leur admissibilité, tout en reconnaissant leur efficacité.

C'est pratiquement à cette époque que vécut J.-N. Noël. Il y avait alors des débats passionnés entre mathématiciens à propos de la théorie infinitésimale : on doutait de sa validité tout en reconnaissant les nouveaux résultats qu'elle permettait d'obtenir. Les mathématiciens de l'époque s'efforcèrent d'obtenir une plus grande rigueur dans la théorie et d'éviter le concept d'infiniment petit. Ce courant est, en grande partie, dû à la naissance en France d'Écoles supérieures de qualité comme la prestigieuse École polytechnique créée en 1795. Les mathématiciens qui y enseignaient cherchaient à présenter des théories débarrassées d'imprécisions. Ce fut le cas de Joseph-Louis Lagrange (1736-1813) et d'Augustin-Louis Cauchy (1789-1857), qui eurent un impact décisif sur

---

3. Techniquement, on avait, à cette époque, découvert que les infiniment petits violent l'axiome d'Archimède qui apparaîtra ultérieurement comme une propriété des nombres réels.

l'évolution de la discipline. Cauchy, en passant du cadre numérique au cadre fonctionnel, put éliminer les interrogations soulevées par les infinitésimaux en fondant l'analyse sur la notion de limite. Une définition rigoureuse de ce concept se dégagea progressivement ; la version définitive et formelle[4], encore utilisée de nos jours, est due à Karl T. Weierstrass (1815-1897).

Les infinitésimaux ont refait surface au milieu du XX[e] siècle, lorsque A. Robinson est parvenu à construire effectivement des nombres parmi lesquels on trouve, à côté des réels traditionnels, des infiniment petits (ainsi que des infiniment grands et des nombres infiniment proches des réels[5]). Les travaux de Robinson, faisant appel « aux outils les plus fins que la logique moderne met à notre disposition » (Robinson, cité dans Bair-Henry, 2008, p. 21), ont permis l'avènement de ce que l'on appelle aujourd'hui l'*analyse non standard*. Cette théorie permet notamment de démontrer rigoureusement les résultats classiques de l'analyse en faisant appel à des infinitésimaux et en éliminant les interrogations et imprécisions du passé[6]. Ainsi, « Robinson réalise pour la méthode infinitésimale, vers 1960, ce que Weierstrass avait réussi un siècle plus tôt pour la méthode des limites » (Mawhin, 1987, p. 64). Son mode de présentation étant assez sophistiqué[7], des approches plus abordables pour des débutants en analyse ont été développées par la suite. Ainsi, on peut désormais enseigner l'analyse non standard de plusieurs manières différentes ; les trois principales, à savoir l'approche constructiviste de Robinson, l'approche axiomatique de Nelson et l'approche pédagogique de Keisler, sont présentées sommairement dans Bair-Henry (2008, pp. 179-185). Th. Lucas a présenté les grandes lignes de l'approche de Robinson dans un article de la *Revue des Questions Scientifiques* paru en 1973 et reproduit en 2017 (Lucas, 1973).

En concluant cette brève étude historique du développement de l'analyse, mentionnons trois réflexions de nature épistémologique :

a) Tous les historiens des mathématiques ne s'accordent pas sur la question de savoir si l'analyse mathématique s'est développée de façon continue ou de manière discontinue. Pour notre part, nous croyons, ainsi que d'autres auteurs

4. C'est la définition classique en « epsilon – delta » enseignée fréquemment.
5. Tous ces nombres sont qualifiés d'*hyperréels*. Ils forment un corps commutatif, totalement ordonné, mais non archimédien ; le classique ensemble des réels en est un sous-corps complet.
6. À propos de liens entre les théories infinitésimales du passé et celles du présent, voir notamment les différents articles de Bair *et al.* cités dans la bibliographie.
7. Techniquement, les nombres hyperréels sont en fait des éléments d'une ultrapuissance de l'ensemble des réels.

emmenés par l'Israélien M. Katz[8], qu'il convient de distinguer l'aspect procédural du conceptuel. En effet, d'un point de vue procédural, on constate une continuité du développement : tous les calculs menés par les fondateurs de l'analyse et même par leurs prédécesseurs sont restés d'application et jamais contestés. Par contre, d'un point de vue conceptuel, on enregistra plusieurs ruptures avec d'abord l'apparition des infiniment petits, puis leur disparition au profit du concept fonctionnel de limite, avant leur résurrection dans les nombres hyperréels.

b) On pourrait se demander pourquoi les infinitésimaux n'ont pas été admis sans réserve par les mathématiciens d'avant (environ) 1950 ou, en d'autres termes, pourquoi il a fallu attendre si longtemps avant de pouvoir expliquer sans ambiguïté les idées intuitives, originales et fécondes des premiers analystes. L'explication première réside dans la difficulté à introduire des nombres autres que les habituels réels (l'introduction rigoureuse des irrationnels fut déjà laborieuse !). Une autre raison est probablement la suivante :

> « l'approche infinitésimale n'a pas eu son Weierstrass avant la seconde moitié du 20e siècle et, au contraire, l'arithmétisation de l'analyse via la construction des réels a conduit à des démonstrations de l'impossibilité logique d'infiniment petits actuels (Cantor, Vivanti, Peano,...) au sein de l'ensemble des réels. On notera toutefois, à la même époque, les recherches de Du Bois Reymond, Stolz, et Veronese sur les systèmes "non-archimédiens" » (Mawhin, 1985, p. 64).

c) Enfin, on peut légitimement se demander s'il n'y a pas des inconvénients à disposer de plusieurs approches pour aborder l'analyse mathématique. Pour répondre à cette question, nous croyons qu'« il est toujours enrichissant, [...] pour comprendre une théorie mathématique, de voir les choses de plusieurs points de vue différents, c'est même souvent indispensable si on veut vraiment comprendre. Un nouvel outil ne chasse pas nécessairement les autres, il s'ajoute aux autres » (cité dans Diener, 1985, p. 59).

3. Biographie

Deux biographies de J.-N. Noël ont été publiées respectivement dans le *Liber Memorialis* de l'Université de Liège (Le Roy, 1869) et dans la *Biographie*

---

8. Voir, par exemple, l'adresse électronique : https://en.wikipedia.org/wiki/Mikhail_Katz. ou encore http://u.cs.biu.ac.il/~katzmik/.

nationale (Bergmans, 1899). Nous prenons dès lors le parti de simplement rappeler ici les dates importantes de sa vie, et de commenter quelques éléments majeurs de sa formation et de sa carrière professionnelle.

3.1. Formation et carrière d'enseignant

J.-N. Noël est né à Dombrot-le-Sec[9], petite commune rurale des Vosges, dans une famille de respectables cultivateurs, appauvris par la révolution française. Ses origines peuvent expliquer en partie quelques qualités révélées tout au long de sa vie.



Photographie de Jean-Nicolas Noël.

En raison de ses origines familiales, J.-N. Noël a dû subvenir seul à ses besoins. Sa formation s'est dès lors effectuée de façon continue et essentiellement autodidacte : il étudia tout au long de sa vie et finança lui-même ses études. De

9. Tous les historiens ne s'accordent pas sur la commune natale de J.-N. Noël. Pour Bergmans et Bockstaele, il s'agit de Dombert ; pour Le Roy, c'est Dombrot. Mais il existe deux villages Dombrot dans la région du Grand Est : Dombrot-le-Sec, situé à 5 kilomètres au sud de Contrexéville, et Dombrot-sur-Vair qui est à 8 kilomètres au nord de la même ville thermale. D'après un arbre généalogique trouvé sur le Web (http://www.lewage.be/d0059/g0000781.html), J.-N. Noël est né à Dombrot-le-Sec.

plus, à l'instar des travailleurs de la terre qu'étaient ses parents, il fut toujours un adepte d'un labeur abondant, régulier, bien fait et en toute simplicité ; il travailla sans relâche jusqu'à sa mort.

Dans sa jeunesse, il se passionna d'abord pour les arts du dessin. À partir de l'âge de 16 ans, il réalisa des œuvres pour l'église de son village, puis travailla comme géomètre au cadastre, ce qui lui permet de financer des études à l'école centrale de Nancy. Il y décrocha un prix de mathématiques et de dessin, et reçut à cette occasion les œuvres du géomètre Lacroix qu'il étudia par lui-même.

Après ses premiers pas professionnels dans le domaine artistique, il se tourna vers les mathématiques pour lesquelles il avait montré des dispositions particulières. Très vite, il se consacra entièrement à l'enseignement de cette matière. Sa carrière de professeur de mathématiques peut être décomposée en trois phases.

a) À l'âge de 18 ans, il fut nommé directeur de l'école primaire de son village natal. Par la suite, il perfectionna sa formation personnelle en mathématiques au lycée de Nancy, puis au collège de Phalsbourg, tout en enseignant déjà comme répétiteur ou professeur.

b) Après quinze ans d'enseignement en France, il fut nommé professeur de mathématiques et de physique à l'Athénée de Luxembourg (qu'il dirigea en 1824 avec le titre de principal) : le nouveau gouvernement des Pays-Bas cherchait alors à recruter de professeurs de valeur pour améliorer la qualité de la formation offerte dans les établissements d'enseignement moyen au Luxembourg. Durant cette période, il rédigea de nombreux manuels scolaires du niveau secondaire et s'intéressa aussi à la formation des instituteurs. Il enseigna pendant 16 ans les mathématiques du primaire et du secondaire à Luxembourg.

c) En 1835, l'Université de Liège fut amenée à remplacer le mathématicien piémontais Gaspard Michel Pagani (1796-1855), parti à l'Université de Louvain lorsque celle-ci devint université catholique. Ce remplacement ne fut guère aisé. Depuis la révolution belge, qui avait conduit au renvoi des professeurs hollandais des universités d'État, il fallait pourvoir en professeurs cinq universités et une école militaire. Les candidats potentiels en Belgique étaient peu nombreux, en raison de la torpeur intellectuelle qui avait sévi dans le pays au XVIIIe siècle. Il fallait donc souvent se tourner vers l'étranger pour recruter des mathématiciens universitaires (Jongmans, 1992). Pour remplacer G. Pagani, l'Université de Liège fit appel au Français J. C. F. Sturm (1803-1855), qui n'accepta pas l'offre suite à sa nomination de professeur à l'École polytechnique. On se tourna alors vers le Grand-Duché de Luxembourg pour plusieurs raisons : la haute qualité scientifique de son enseignement secondaire, la

connaissance du français de ses ressortissants, les accords politiques entre les deux pays[10], la présence de nombreux luxembourgeois à l'Université de Liège parmi les étudiants ou les professeurs[11] et leur esprit de corps. C'est ainsi que la relève de G. Pagani fut assurée à Liège par « un Français de moindre calibre » (Jongmans, 1992, p. 605), à savoir Jean-Nicolas Noël. L'heureux élu avait atteint la cinquantaine lorsqu'il fut appelé pour assurer à Liège les cours de mathématiques élémentaires[12], de géométrie analytique et de haute algèbre. Il fit partie du corps académique de l'Université jusqu'à sa mort, c'est-à-dire pendant 17 années : professeur extraordinaire de 1835 à 1837, professeur ordinaire de 1837 à 1849, professeur émérite de 1849 à 1852. Recteur de l'Université en 1842-1843, il fut l'un des premiers membres de la Société royale des sciences de Liège, dont il assura la présidence lors de trois mandats annuels en 1844, 1845 et 1848[13]. Pendant sa période liégeoise, il publia de nombreux documents, notamment plusieurs mémoires consacrés à l'enseignement de l'analyse infinitésimale élémentaire que nous allons discuter.

10. Le Grand-Duché fait partie de la Belgique de 1830 à 1839, de sorte que l'Athénée de Luxembourg et l'Université de Liège possèdent le même employeur, à savoir l'État belge.

11. Mentionnons en particulier trois luxembourgeois d'origine qui se formèrent notamment à l'Université de Liège avant d'y professer. Michel Gloesener (1794-1876) entra dans le corps académique liégeois en 1830 pour enseigner l'astronomie et la physique. Jean-Baptiste Brasseur (1802-1868) fut reçu docteur en sciences physiques et mathématiques en 1829 à l'Université de Liège où il devint lecteur en 1832 avant d'être responsable d'une chaire comprenant la géométrie descriptive, la haute analyse appliquée à la géométrie et la mécanique appliquée. Antoine Mayer (1803-1857) décrocha son doctorat en 1832 à Liège où il devint par la suite titulaire de la chaire d'analyse supérieure (incluant le calcul des probabilités). Voir Jongmans (1992).

12. L'organisation d'un cours de mathématiques élémentaires « révèle, plus qu'un long discours, l'indigence mathématique de la Belgique au sortir de l'Empire » (Jongmans, 1994, p. 609). Ce cours cessa d'exister à la Faculté des sciences de l'Université de Liège après l'admission à l'éméritat de J.-N. Noël.

13. La Société royale des sciences de Liège est la société savante la plus ancienne de Belgique après l'Académie. Elle est née en 1835 à l'initiative de quelques membres (ou anciens membres) de la Facultés des sciences, parmi lesquels se trouvent J. B. Brasseur, M. Gloesener et G. M. Pagani (qui en fut président l'année de la naissance) dont il a déjà été question ci-dessus. Suite à des difficultés organisationnelles et des changements dans le personnel universitaire, ses activités commencèrent véritablement en 1842, année où J.-N. Noël en devint membre effectif. Elle publia des mémoires dès 1843, et un Bulletin à partir de 1931. Le but fondamental de la Société « n'est pas seulement d'agrandir le domaine de la science; mais encore de répandre les notions acquises à cette dernière » (Mémoire 1843-1844, série 1, volume 1, Avertissement, p. vii). À propos des débuts de cette Société, voir notamment Xhayet (2017).

3.2. Publications

Jean-Nicolas Noël a été un auteur prolifique. Dans sa biographie parue dans le *Liber Memorialis* de l'Université de Liège (Le Roy, 1869, coll. 484-496), on trouve 92 publications réparties en trois catégories : 12 ouvrages classiques, 14 mélanges mathématiques et 66 collaborations à des recueils périodiques; celles-ci se répartissant comme suit : 13 contributions dans la *Correspondance mathématique* publiée par MM. Garnier et Quetelet, 13 *mémoires de la Société royale des sciences de Liège* comprenant au total plus de 640 pages, 5 notes dans le *Moniteur de l'enseignement* publié par F. Hennebert (Tournai), 2 articles dans la *Revue pédagogique* (Mons), 5 dans les *Annales de l'enseignement public* (Verviers), 29 dans la *Revue de l'instruction publique en Belgique* (Bruges).

Les thèmes abordés par J.-N. Noël sont essentiellement de deux types. Au début de sa carrière, principalement lorsqu'il professait à l'Athénée de Luxembourg, l'auteur a écrit de nombreux manuels scolaires sur des mathématiques élémentaires enseignées dans le secondaire ou le primaire. Lorsqu'il devint professeur à l'Université de Liège, il a rédigé de multiples travaux dans lesquels il se montrait favorable à l'enseignement de l'analyse infinitésimale, se révélant un leader des infinicoles lors de la querelle qui opposa ceux-ci aux infinifuges dont nous allons parler.

En ce qui concerne les manuels scolaires, pointons les principaux ouvrages dont le succès à l'époque est attesté par le nombre d'éditions successives, malgré un tirage initial important :

- *Arithmétique élémentaire raisonnée et appliquée*, 8 éditions, 1819-1843 ;
- *Algèbre élémentaire, raisonnée et appliquée*, 5 éditions, 1820-1846 ;
- *Éléments d'arithmétique à l'usage des écoles primaires*, 8 éditions, 1825-1854 ;
- *Traité de géométrie élémentaire et cours de trigonométrie*, 4 éditions, 1830-1850 ;
- *Notions de mécanique*, 2 éditions, 1833-1840 ;
- *Traité de géométrie analytique*, 2 éditions, 1837-1849.

Pour la défense de l'emploi de l'infini dans l'enseignement élémentaire de l'analyse, il y eut, entre 1851 et 1854, plusieurs courtes notes parues dans le *Moniteur de l'enseignement public* regroupées sous le titre *Sur l'emploi de l'infini dans les mathématiques élémentaires*. Pendant sa période liégeoise, surtout

après son admission à l'éméritat, J.-N. Noël consacra toute son énergie à défendre l'enseignement de l'analyse infinitésimale. Il « se mit en devoir de coordonner ses conclusions de manière à en former un corps de doctrine » (Le Roy, 1869, col. 492) et rédigea, pour le compte de la Société royale des sciences de Liège, plusieurs mémoires consacrés à ce sujet. Nous décrirons ci-dessous quelques idées présentées par l'auteur; contenons-nous ici de citer les titres des mémoires consacrés, en tout ou en partie, à la méthode infinitésimale :

- *De l'analogie en géométrie*, série 1, tome 1, 1843-44, pp. 1-48 ;
- *Résumé des méthodes élémentaires en géométrie*, série 1, tome 2, 1845-46, pp. 493-520 ;
- *Théorie infinitésimale appliquée*, série 1, tome 10, 1855, pp. 25-136 ;
- *Méthode infinitésimale en géométrie*, série 1, tome 16, 1861, pp. 73-144 ;
- *Simplification des éléments de géométrie*, série 1, tome 10, 1861, pp. 461-532 ;
- *Notes sur l'analyse infinitésimale*, série 1, tome 16, 1861, pp. 411-426 ;
- *Mémoires relatifs à différents sujets de mathématiques élémentaires*, série 2, tome 1, 1866, pp. 51-88.

Les quatre derniers mémoires ont été réunis dans un volume intitulé *De l'emploi des grandeurs infinitésimales en mathématiques* (Liège, 1865).

3.3. Rayonnement didactique

J.-N. Noël ne s'est pas forgé une réputation de grand mathématicien. Si on excepte une brève mention dans le chapitre « Les mathématiques » du tome I de l'*Histoire des sciences en Belgique* de Halleux, Vandersmissen, Despy-Meyer et Vanpaemel (Halleux, 2001, p. 102), on ne trouve sa trace dans aucune histoire des mathématiques, même pas dans l'*Esquisse d'une histoire des sciences mathématiques en Belgique* de Lucien Godeaux (1943) ou dans le cours[14] dispensé naguère par F. Jongmans sur les mathématiciens du XIXe siècle (Jongmans, 1987). Mais ce même historien souligne son « extraordinaire rayonnement didactique » (Jongmans, 1992, p. 605). Pour confirmer ce jugement, il suffit d'étudier la reconnaissance dont il a fait l'objet de la part de ses pairs et de

14. Cours inter-universitaire de troisième cycle organisé par le F.N.R.S.

ses étudiants, et l'influence qu'il a eue sur l'enseignement des mathématiques dans les régions où il a exercé sa profession.

On a vu que J.-N. Noël manifesta très jeune de belles dispositions pour les mathématiques et remporta à Nancy, dans cette discipline, un prix qui allait orienter toute sa carrière professionnelle. Celle-ci fut progressive et complète, de l'enseignement primaire au secondaire pour se terminer dans le supérieur, avec notamment une charge concernant ce que l'on nomme de nos jours la transition « secondaire-université ». À chaque étape de sa carrière, l'excellente réputation de pédagogue forgée au niveau inférieur le fit appeler pour exercer ses talents à un échelon supérieur.

Sa notoriété dans le milieu scolaire au Grand-Duché de Luxembourg est rappelée par T. Schroell dans l'avis paru le 15 mars 1867 dans le *Courrier du Grand-Duché* annonçant son décès : « M. Noël était un des noms les plus connus dans l'enseignement public de notre pays ». J.-N. Noël rédigea les premières éditions de ses manuels scolaires pendant sa période luxembourgeoise. Ces livres furent soumis à l'examen d'une commission scientifique par l'Académie de Metz, qui, sur base d'un rapport élogieux, admit l'auteur comme membre correspondant. L'influence de Noël au Luxembourg fut également soulignée par A. Spring[15] :

> « C'est à partir de 1819 et jusqu'en 1835, [...] que Noël exerça une grande influence sur l'étude et l'enseignement des sciences exactes, non seulement dans l'ancien Grand-Duché, mais aussi dans les provinces occidentales de la Belgique actuelle. Il réforma complètement cet enseignement et parvint à le placer à une grande hauteur ».

Apprécié par ses étudiants, J.-N. Noël le fut aussi par ses pairs qui lui conférent de hautes responsabilités. Il exerça la fonction de principal à l'Athénée de Luxembourg en 1824 et celle de recteur de l'Université de Liège durant l'année académique 1842-1843, à l'issue de laquelle il reçut la croix de chevalier de l'ordre de Léopold ; il se vit également offrir trois mandats (annuels) de président de la Société royale des sciences de Liège en 1844, 1845 et 1848. Il exerça toutes ces hautes fonctions à la satisfaction générale.

La bonne renommée de J.-N. Noël et la reconnaissance de ses mérites s'expliquent non seulement par l'excellence et la quantité de son travail, mais aussi par ses vertus personnelles et par sa conception, à la fois profonde et pragma-

15. Antoine Spring (1814-1872) était médecin et botaniste. Il devint recteur de l'Université de Liège entre 1861 et 1864. Cette citation provient du discours prononcé aux funérailles de J.-N. Noël et publié dans le *Journal de Liège* du 15 mars 1867.

tique, du travail pédagogique. Elle est assez bien décrite par ces extraits de ses Mémoires :

> « Les Professeurs, pour préparer les élèves aux examens et aux épreuves des *Concours*, but final des études, reviennent plusieurs fois sur les théories principales, afin de les leur faire approfondir ; chose sans doute fort utile, car les répétitions sont même indispensables à cet effet. Mais la résolution de questions choisies, applications des théories successives, n'est-elle pas la méthode la plus fructueuses et la plus propre à bien faire ces répétitions, elles-mêmes ? Il faut observer toutefois qu'ici, c'est moins la quantité que la qualité que l'on doit considérer : quelques théorèmes ou problèmes, bien choisis et bien analysés, instruisent mieux et donnent plus complètement l'esprit libre de recherche, qu'un grand nombre d'exercices, faits superficiellement » (Noël, 1845-1846, p. 501).

> « S'il est vrai que l'on fait bien et avec facilité ce que l'on pratique souvent, il faut nécessairement établir et employer la méthode infinitésimale dès les parties élémentaires, ainsi que Laplace l'a conseillé ; et cela afin de familiariser les élèves avec les moyens logiques de recherche que cette méthode générale fournit, de leur rendre moins pénibles les études scientifiques et d'y assurer ainsi leurs progrès » (Noël, 1855, p. 26).

Épinglons encore quelques témoignages de son époque, soulignant les qualités humaines et didactiques de l'intéressé :

> « Indulgent et sans faiblesse, ferme et juste sans rigueur, il fut pour ses élèves un père éclairé, et l'on peut vraiment appeler filial l'amour qu'ils lui vouèrent » (cité dans Le Roy, 1869, col. 487).

> « [Il était] d'une bienveillance inépuisable, d'une honorabilité rare. Ses anciens élèves lui avaient voué une affection particulière, et il ne comptait que des amis dans tous ceux qui l'avaient connu » (dans l'avis nécrologique paru après le décès de J.-N. Noël, le 15 mars 1867, dans le *Courrier du Grand-Duché* sous la plume de T. Schroell).

> « C'est à ses soins que le Luxembourg est redevable d'avoir produit un grand nombre d'esprits mathématiques, qui ont brillé depuis dans les différentes carrières savantes de la Belgique régénérée. [...] J'ai personnellement eu l'occasion fréquente de voir avec quel plaisir de tels hommes se rappelaient l'époque de leurs études à l'Athénée [de Luxembourg], dont la réputation était immense : j'ai été témoin du respect et de la reconnaissance qu'ils avaient voué à leur ancien

professeur » (Spring lors du discours qu'il prononça lors des funérailles de J.-N. Noël ; voir la note de bas de page n°14).

« Un de ses anciens auditeurs a très bien fait remarquer que Noël cherchait, en toute occasion, à éveiller la spontanéité des élèves et qu'il savait leur communiquer cet enthousiasme froid, permanent, que rien ne redoute et que tout fortifie. Il leur donnait, d'autre part, l'exemple d'une activité infatigable » (cité dans Le Roy, 1869, col. 488).

« Dans toutes ses publications, il eut toujours pour but de présenter les vérités mathématiques de la manière la plus simple, et pourtant tout à fait rigoureuse et générale ; concentrant toutes ses forces sur un seul sujet, il voulut avant tout vulgariser et préciser l'enseignement des mathématiques ; il était convaincu qu'un ouvrage élémentaire doit exercer l'intelligence de l'élève, éveiller sa spontanéité, lui inspirer l'enthousiasme ; et il atteignait son but par la concision, par la généralisation et surtout par ses exercices qui étaient nombreux et bien choisis » (cité dans Bergmans, 1899, col. 771).

4. Concept d'infinitésimal

Depuis leur apparition en analyse mathématique, les infinitésimaux ou infiniment petits[16] sont reconnus pour leur efficacité pratique et, dans une certaine mesure, pour leur caractère intuitif. Toutefois, leur statut métaphysique engendre certaines objections pouvant aller jusqu'à leur rejet. Ce double courant antagoniste s'est surtout manifesté en France avec les premiers cours d'analyse à l'École polytechnique. Mais la Belgique a connu, vers le milieu du XIXe siècle, une vive querelle opposant les partisans et les adversaires des infinitésimaux. Ce débat, né à l'Académie royale de Belgique et dans le *Moniteur de l'Enseignement*, se prolongea de manière significative à la Société royale des sciences de Liège : plusieurs leaders des deux camps défendirent leur point de vue en y publiant des mémoires. Le plus actif de ces acteurs fut J.-N. Noël qui présenta pas moins de sept mémoires développant ses arguments en faveur de l'emploi des infinitésimaux dans l'enseignement des mathématiques élémentaires.

16. Certains auteurs, par exemple Bair-Henry (2008), distinguent un infinitésimal d'un infiniment petit (selon que le nombre 0 peut ou non être considéré). Dans ce travail, nous admettons qu'il n'existe aucune différence entre ces deux termes.

4.1. La querelle « infinicoles vs infinifuges »

Au début des années 1850, une vive querelle prend naissance en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg : elle oppose des partisans et des adversaires du concept d'infiniment petit pour introduire les éléments d'analyse mathématique dans l'enseignement secondaire et dans les écoles militaires. Les défenseurs des infiniment petits s'appellent alors les « infinicoles », adjonction au mot « infini » du suffixe « cole », issu du verbe latin « *colere* » qui signifie en français « cultiver, rendre un culte » ; un infinicole est donc une personne exploitant les grandeurs infinies (petites ou grandes). Par contre, les opposants aux infiniment petits forment le clan des « infinifuges », où le suffixe « fuge » provient du mot latin « *fuga* », traduit en français par « fuite » ; un infinifuge est donc quelqu'un qui « fuit l'infini ».

Cette querelle débuta à l'Académie belge[17] dès la fin du XVIII[e] siècle avec, notamment, un exposé non publié de R. Bournons (1731-1788), intitulé « la méthode des limites n'est ni plus évidente, ni plus rigoureuse que celle du calcul des infinis, traités selon Leibniz » (cité dans Bockstaele, 1985, p. 187). Il s'ensuivit diverses prises de position favorables tantôt aux infiniment petits, tantôt aux limites. Parmi les interventions importantes, notons celles de deux professeurs à l'Université de Gand qui s'opposèrent sur cette question. Anatole-Henri-Ernest (parfois prénommé simplement Ernest) Lamarle (1806-1875) dénonçait « le vice radical que présente, au point de vue logique, la conception des infiniment petits. Comment concevoir en effet que la différence Δx, supposée continûment décroissante puisse, *avant d'être nulle*, cesser d'être finie ? » (Lamarle, 1845, p. 222). Par contre, J.-J. Manilius (1807-1869) se montrait favorable au concept d'infiniment petit (Manilius, 1849 et 1850) ; il le définissait comme suit : « quantité infiniment petite : c'est-à-dire, tellement petite qu'on puisse la considérer comme égale à zéro, lorsqu'on la compare à une quantité ordinaire » (cité dans Bockstaele, 1985, p. 193).

Divers enseignants du secondaire ou du supérieur se mêlèrent au débat, notamment pendant les années 1852 et 1853, en publiant plusieurs articulets dans le *Moniteur de l'Enseignement*. I.-B. Annoot (né en 1819), A.-J.-N. Paque (né en 1825) et A.-L. Marchand (1793-1871) se joignirent à E. Lamarle pour former le clan des infinifuges ; les infinicoles furent emmenés par J. Manilius et J.-N. Noël, appuyés par J.-L. Wezel (1802-1877) et L. Noël, un neveu de

17. Il s'agissait à l'époque de l'Académie impériale et royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles ; elle avait été créée en 1772 par Marie-Thérèse ; elle deviendra plus tard l'Académie royale de Belgique.

Jean-Nicolas, et dans une certaine mesure par J.-B. Brasseur. Le déroulement de cette querelle est raconté de façon détaillée dans Bockstaele (1985).

Des représentants des deux camps développèrent leurs idées dans des mémoires publiés par la Société royale des sciences de Liège (voir la bibliographie).

4.2. Les infinitésimaux dans l'enseignement des mathématiques élémentaires

J.-N. Noël s'intéresse à l'analyse mathématique lorsqu'il est professeur à l'Université de Liège et publie sur le sujet sept mémoires à la Société royale des sciences de Liège. Ses interventions sur les infinitésimaux s'y font en deux étapes : la période précédant la querelle entre infinicoles et infinifuges et celle la suivant, soit, pratiquement, celle précédant son admission à l'éméritat et celle qui la suivit. Durant la première phase, il présente (dans deux mémoires) ses idées personnelles sur la méthode infinitésimale. Par après, il éclaircit (dans cinq mémoires) certaines de ses idées, pour convaincre ses détracteurs infinifuges, répondre à leurs objections et défendre plus spécifiquement l'introduction de la méthode infinitésimale dans l'enseignement des mathématiques élémentaires.

1) Durant la période où il professe à l'Université de Liège, J.-N. Noël rédige deux mémoires centrés sur la géométrie, mais qui abordent les fondements de la méthode infinitésimale.

Le premier, paru dans le volume 1 des *Mémoires de la Société royale des sciences de Liège* peu de temps après son année de rectorat et pendant son premier mandat de président de cette Société, a pour thème *De l'Analogie en Géométrie* (Noël, 1843-44, pp. 1-48). C'est donc pour résoudre des problèmes de nature géométrique que J.-N. Noël s'intéresse à l'analyse infinitésimale en constatant, par exemple, que :

> « toute courbe plane n'est au fond qu'une ligne brisée, composée d'une infinité de côtés infiniment petits, appelés *éléments* de la courbe. Ce principe est nécessaire à l'étude des courbes, à leur *similitude*, à leur *rectification*, etc » (Noël, 1843-44, p. 30).

De la même manière, il est possible de :

> « représenter [...] les aires *curvilignes* par des aires *rectilignes*, les surfaces *courbes* par des surfaces *polyédrales* et les *corps ronds* par des *polyèdres* (compris sous une infinité de faces planes rectilignes infiniment petites) » (Noël, 1843-44, p. 30).

Plus généralement, il pense que :

> « la méthode infinitésimale n'est au fond que l'analogie, rendue plus évidente ; car décomposant la grandeur proposée dans ses parties les plus ténues, pour découvrir la *loi* qui les unit, la méthode infinitésimale peint, en quelque sorte, à la pensée, la *génération* de cette grandeur. Les éléments auxiliaires de cette génération sont des parties *infiniment petites*, propres à établir la *continuité*, et qui disparaissent nécessairement du résultat final des raisonnements » (Noël, 1843-44, p. 12).

Ce dernier point repose sur l'existence des « zéros relatifs » (Noël, 1843-44, pp. 28-34) et « ce n'est que par le principe des zéros relatifs que la méthode infinitésimale devient complètement analogique, pour passer du connu à l'inconnu » (Noël, 1843-44, p. 30). C'est pourquoi, l'auteur s'attarde sur ce principe qu'il présente, de façon pragmatique en se référant à des situations concrètes, comme suit :

> « Il existe plusieurs quantités que l'on doit regarder comme absolument nulles vis-à-vis d'autres grandeurs, parce qu'on ne saurait en tenir compte, pour augmenter ou diminuer ces dernières. Par exemple, dans une somme à payer, on doit regarder un millième de franc comme absolument nul : c'est un *zéro relatif* à la somme proposée, parce que n'ayant pas de monnaie plus petite que le centième, on est forcé de négliger ce millième, comme s'il ne devait pas augmenter la somme à payer. Pareillement, une pincée de sable amassée pour bâtir, un grain d'un sac de blé, un brin d'un tas de foin, etc., sont autant de zéros relatifs. Car bien que ces diverses quantités ne soient pas nulles, ni même *infiniment petites*, on ne saurait cependant en tenir compte pour l'évaluation numérique des grandeurs dont elles font parties, puisque pour cela il faudrait dire quelle fraction la pincée de sable, par exemple, est du tas auquel elle appartient ; chose impossible, aussi bien que pour le grain de blé, le brin de foin, etc. On doit donc négliger ces diverses choses et les regarder comme absolument nulles vis-à-vis des grandeurs qui les contiennent; et c'est ce qu'on fait toujours dans toutes les approximations numériques, fournies par le mesurage et l'évaluation des quantités » (Noël, 1843-44, pp. 28-29).

Après cette introduction intuitive à l'aide d'exemples, l'auteur énonce de façon générale le principe en question et se propose de « démontrer complètement le principe proposé » (Noël, 1843-44, p. 29).

Peu de temps après avoir écrit son premier mémoire sur l'analogie en géométrie, Noël en rédige un autre intitulé *Résumé des Méthodes élémentaires, en*

Géométrie (Noël, 1845-46, pp. 493-520). Il revient sur l'analogie entre lignes courbes et brisées ; il la précise, par exemple en évoquant le cas du cercle qui « *est au fond le polygone régulier d'une infinité de côtés, chacun infiniment petit* (dont par suite le *rayon* et l'*apothème* sont égaux) » (Noël, 1845-46, p. 505). Après avoir énoncé cette propriété géométrique, l'auteur évoque son traitement algébrique qui fait appel à :

> « la *règle des variables auxiliaires*, savoir : *Si une équation, toujours exacte, renferme des termes constants et des termes variables, ces derniers doivent en disparaître, absolument comme si leur ensemble était rigoureusement nul* : autrement, un nombre constant serait *toujours* égal à un nombre variable ; chose absurde » (Noël, 1845-46, p. 595).

Ce raisonnement permet de rappeler l'importance de la méthode analogique, et plus spécialement celle de l'analyse infinitésimale dont il met en évidence des avantages pratiques :

> « Ces trois méthodes [la méthode des *limites*, la méthode *infinitésimale* et la méthode des *coefficients indéterminés*] rentrent, en effet, dans la méthode *analogique*, qu'elles rendent plus directe ; surtout la méthode infinitésimale, pour généraliser les définitions, pour découvrir les *propriétés* de la figure et en exprimer numériquement la *grandeur* ; pour passer, en un mot, du connu à l'inconnu, par le chemin le plus court et le plus clair » (Noël, 1845-46, p. 505).

J.-N. Noël conclut ce mémoire en revenant sur l'importance de la méthode analogique et, en corollaire, sur celle des quantités infinitésimales en analyse mathématique :

> « Par ce *Résumé* des méthodes élémentaires (lequel est devenu presqu'un traité de Géométrie), on voit que la *règle d'analogie directe* est fondamentale, en Mathématique, pour passer, le plus clairement et le plus simplement possible, du connu à l'inconnu et établir la génération *numérique* des grandeurs. On voit en outre que les méthodes de calcul sont nécessaires, à cet effet, souvent comme *auxiliaires*, pour rendre l'analogie plus évidente et plus complète. Telle est en particulier la méthode infinitésimale, souvent inévitable et où l'on ne parvient tout au plus, qu'à masquer, par des *variables auxiliaires*, les nombres *infiniment grands* et les nombres infiniment *petits*, nécessairement *auxiliaires* eux-mêmes. C'est que les quantités *infinitésimales* se présentent toujours pour exprimer clairement la *continuité* de certaines *fonctions* et en étudier les propriétés. Ces propriétés peuvent sans doute s'établir sans faire mention des *infiniment petits* ; mais ces éléments auxiliaires se retrouvent toujours au fond

> des raisonnements, quand on veut pénétrer plus avant dans l'analyse logique de la vérité à établir » (Noël, 1845-46, p. 519).

2) Après son admission à l'éméritat, J.-N. Noël promeut avec zèle l'emploi de l'analyse infinitésimale dans l'enseignement des mathématiques élémentaires. Durant cette période, il rédige cinq mémoires consacrés principalement à ce sujet. Son intérêt de l'époque pour cette matière résulte essentiellement de la querelle entre infinicoles et infinifuges à laquelle il a participé activement quelques années auparavant.

Dans sa *Théorie infinitésimale appliquée* (Noël, 1855a), il explique lui-même sa motivation à écrire sur ce thème :

> « Le *Moniteur de l'enseignement* (1852 et 1853) renferme, sur l'emploi des infinis dans les Mathématiques élémentaires, une longue polémique entre plusieurs professeurs, les uns regardant cet emploi comme un grave et dangereux abus et les autres comme une amélioration essentielle dans les méthodes. Les difficultés opposées à l'emploi explicite des infinis sont résolues. Mais les objections faites prouvent combien peu les notions élémentaires sont approfondies dans la plupart des traités d'Algèbre et de Géométrie. [...] Comme les objections posées m'ont fourni les moyens d'éclaircir quelques notions élémentaires, il me parait utile de revenir de nouveau sur l'emploi des infinis dans l'enseignement, afin d'avoir, avec plus de développement, une théorie infinitésimale plus claire, plus simple et mieux ordonnée. [...] Non-seulement les grandeurs infinitésimales sont inévitables dans les sciences Physiques et Mathématiques, mais elles y sont nécessaires, soit pour rendre plus évidente la liaison des idées et l'analogie que celles-ci ont entre elles, soit pour résoudre clairement et simplement certaines questions et passer ainsi directement du connu à l'inconnu. Dans ces questions, vous aurez beau chercher à déguiser les infinis par d'autres dénominations ou par de longs et obscurs détours, ils se trouveront toujours au fond de vos calculs et de vos raisonnements : seulement ces raisonnements seront beaucoup plus compliqués, moins clairs, moins logiques, sinon absurdes » (Noël, 1855a, pp. 25-26).

Ensuite, dans ce même mémoire et après avoir expliqué que « l'espace et le temps sont donc infinis pour notre intelligence » (Noël, 1855a, p. 27), il disserte longuement sur l'emploi de l'analyse infinitésimale non plus seulement en géométrie comme il l'avait fait jusqu'alors, mais dans les diverses disciplines mathématiques enseignées au niveau élémentaire :

Arithmétique et algèbre (Noël, 1855a, pp. 28-59). J.-N. Noël définit les concepts numériques liés à l'infini ainsi que les notations utilisées. Ainsi,

> « Un nombre est dit *infiniment grand* ou simplement *infini*, lorsqu'il surpasse le plus grand nombre imaginable. Un nombre infini ne peut donc jamais se former en comptant ses unités respectives, ni par conséquent s'exprimer en chiffres : il reste toujours *inconnu* et *indéterminé*. C'est pourquoi on le désigne, dans le calcul, par une lettre et plus spécialement par un huit renversé, ∞, qu'on énonce *infini* ou *nombre infini*. Un nombre est dit *infiniment petit* lorsqu'il est moindre que la plus petite partie assignable de l'unité. Un tel nombre est donc absolument inappréciable par sa petitesse et ne pourra jamais s'exprimer en chiffres. Il n'est pas rigoureusement nul, et sera toujours *inconnu* et *indéterminé*. C'est pourquoi on le désigne, dans le calcul, par une lettre ou mieux par 1/∞ » (Noël, 1855a, p. 28).

Dans cette longue section, il insiste sur les « nombres inexprimables », comme √12 ou encore les nombres imaginaires, ainsi que sur le principe infinitésimal qu'il estime « rigoureusement exact, par *compensation d'erreurs* » (Noël, 1855a, p. 42). Selon son habitude, il donne des applications se référant au monde sensible. Par exemple, il considère une pièce d'or pour laquelle « il est certain qu'en la déplaçant les doigts en enlèvent, par le frottement, une partie x tellement petite qu'elle échappe à la vue, mais augmente néanmoins avec la pression des doigts : elle est infiniment petite » (Noël, 1855a, p. 42) ; il traite également divers problèmes numériques concrets, comme ceux relatifs à l'écoulement d'un vase ou à la somme à restituer après un emprunt. L'auteur pense que de telles applications « doivent suffire pour bien montrer toute l'importance de la théorie infinitésimale dans l'Algèbre élémentaire » (Noël, 1855a, p. 59).

b) *Géométrie* (Noël, 1855a, pp. 59-92). Dans cette section, l'auteur revient sur des questions qu'il a déjà traitées précédemment; il précise certaines définitions comme celle d'angle et compare différentes méthodes géométriques. Ainsi, il écrit notamment :

> « Dans le mesurage des figures géométriques, la réduction à l'absurde, si elle est applicable, vérifie péniblement le théorème d'*abord annoncé* ; car elle est souvent incapable de le faire découvrir, sans l'emploi préalable des grandeurs infinitésimales qu'on veut éviter. — La méthode infinitésimale, au contraire, conduit le plus directement possible à ce théorème, et devient indispensable pour étendre aux lignes et aux surfaces *courbes* les notions de similitude définies

pour les lignes *brisées* et les surfaces *polyédrales*. — La méthode des limites ne peut faire connaitre ces définitions sans rentrer dans la méthode infinitésimale, beaucoup plus explicite. [...] L'existence des infinis est certaine, et les définitions de ces grandeurs réelles sont claires et précises, bien qu'elles ne puissent nous en donner des idées sensibles. D'ailleurs, la clarté des définitions entraine celle des déductions logiques qui s'appuient sur ces définitions. Au lieu donc de compliquer et d'obscurcir les théorèmes en cherchant à déguiser les infinis, il faut au contraire employer explicitement ceux-ci toutes les fois qu'ils se présentent naturellement ; car il résulte de cet emploi : clarté, simplicité et rigoureuse exactitude, ainsi qu'il est bien établi dans ce qui précède » (Noël, 1855a, pp. 89-90).

c) *Trigonométrie et Géométrie analytique* (Noël, 1855a, pp. 92-104). La puissance et la facilité de la méthode infinitésimale sont illustrées notamment par cet énoncé :

« *Le cosinus d'un arc infiniment petit est égal au rayon, tandis que le sinus et la tangente sont égaux à l'arc lui-même : ils coïncident avec lui*. Non-seulement l'erreur finale, due à chacune de ces propositions, est inappréciable par sa petitesse et doit se négliger ; mais souvent elle se compense avec une autre erreur finale simultanée, et le résultat est rigoureusement exact » (Noël, 1855a, pp. 100-101).

d) *Mesurage des aires et des Volumes* (Noël, 1855a, pp. 104-115). Il s'agit d'aires délimitées par des courbes connues (ellipse, parabole, hyperbole, logarithmique, lemniscate) ou des volumes de corps classiques (ellipsoïde, paraboloïde, hyperboloïde).

e) *Emploi du Calcul intégral* (Noël, 1855a, pp. 116-121). L'auteur donne des exemples qui :

« suffisent sans doute pour établir que le Calcul différentiel et le Calcul intégral appliquent la théorie infinitésimale à un plus grand nombre d'objets scientifiques que les simples éléments. Cette théorie d'ailleurs est nécessaire dans ces calculs, sinon pour l'exposition des principes, du moins pour les démonstrations des procédés pratiques, très-abréviatifs et très-exacts, qui rendent si éminemment utiles ces deux genres de calculs, ainsi que les extensions qu'ils reçoivent sous différentes dénominations » (Noël, 1855a, p. 121).

f) *Mécanique-Physique* (Noël, 1855a, pp. 121-128). Comme l'auteur le constate, l'on y « fait usage des infiniment petits *matériels*, qu'on ne saurait éviter parce que leurs agglomérations constituent le corps dont on cherche les

propriétés physiques et mécaniques » (Noël, 1855a, p. 121). Il recommande dès lors l'introduction de la méthode infinitésimale dès l'enseignement élémentaire car, selon lui, « l'emploi *explicite* des grandeurs infinitésimales, dans les mathématiques élémentaires, a de plus le grand avantage de permettre d'appliquer plus tôt ces dernières à d'importantes recherches de physique, de chimie et de mécanique » (Noël, 1855a, p. 127). C'est pourquoi, il conclut :

> « D'après les développements qui précèdent, on peut affirmer, avec entière certitude, que non-seulement la théorie infinitésimale est démontrée, mais qu'elle est la base de l'enseignement le plus clair, le plus simple, le plus rigoureusement logique des sciences Physiques et Mathématiques, tant pour les théories que les applications » (Noël, 1855a, p. 128).

Dans le même volume 10 (série 1) des *Mémoires de la Société royale des sciences de Liège* paraît un texte, intitulé *Simplification des éléments de géométrie* (Noël, 1855b). L'auteur y traite principalement de géométrie, mais également d'analyse infinitésimale ; il décrit lui-même l'objectif de ce « mémoire [qui] a pour but : 1° de justifier, par plusieurs développements, les méthodes que j'ai employées en géométrie, afin d'en faciliter l'étude complète, et 2° de résoudre certaines difficultés récentes opposées à ces méthodes » (Noël, 1855b, p. 461). Par exemple, il s'attarde sur une attaque générale et fondamentale, fréquemment mise en évidence, qui a été émise :

> « Dans la *Revue pédagogique*, p. 347, on lit : "... plusieurs géomètres se sont habilement servi des considérations infinitésimales, pour faire descendre dans les éléments des propositions d'analyse, dont la connaissance est utile au physicien. Ces essais, en rendant l'étude de la physique accessible à un plus grand nombre de personnes, n'ont pas peu contribué aux progrès de cette science ; mais précisément à cause de cela, nous croyons qu'ils ont exercé *une influence fâcheuse* sur les mathématiques, en encourageant l'emploi de la méthode infinitésimale, *qui manque de clarté et de rigueur*" » (Noël, 1855b, pp. 527-528).

J.-N. Noël répond avec conviction à cette critique émise par des collègues infinifuges et profite de cette opportunité pour revenir sur des fondements avantageux de la méthode infinitésimale ; il écrit en effet :

> « En énonçant ces dernières affirmations, que rien ne prouve, on oublie que la méthode infinitésimale simplifie la méthode des variables et que par conséquent elle n'est pas moins claire ni moins rigoureuse que cette dernière : seulement *elle conduit plus directement au résultat cherché*. Quel est, en effet, le but de la méthode infinitésimale ?

C'est de trouver des grandeurs *finies* à l'aide des nombres *auxiliaires* infiniment grands et infiniment petits, nécessairement inconnus. Or, le principe abréviatif de cette méthode consiste essentiellement à supprimer d'abord, dans les deux membres de l'équation proposée, les termes fournissant ceux qui en doivent disparaître à la fin, soit en vertu de la règle des variables auxiliaires, soit parce ces derniers termes étant chacun infiniment petit, ne peuvent faire partie de la grandeur finie cherchée. De là résulte donc le principe infinitésimal, savoir : *Tout nombre doit se négliger ou être regardé comme nul par rapport à celui qui le contient une infinité de fois, et auquel il est ajouté ou retranché* » (Noël, 1855b, p. 528).

Cette formulation est conforme à certaines règles de base[18] présentées de nos jours en analyse non standard.

Quelques années plus tard, en 1861, J.-N. Noël revient une nouvelle fois à la charge dans un mémoire consacré à l'un de ses sujets de prédilection, la *Méthode infinitésimale en Géométrie* (Noël, 1861a). Selon lui,

« ce mémoire a pour but de prouver directement, par l'étude approfondie des notions premières que le choix de *bonnes* définitions et l'emploi *explicite* des grandeurs infinitésimales sont les seuls moyens de donner, aux théories de la Géométrie élémentaire, toute la clarté, la simplicité et la complète exactitude logique dont elles sont susceptibles. Les définitions et les théories modifiées sont ici développées telles qu'elles devraient figurer désormais dans les éléments de Géométrie. On a d'ailleurs résolu toutes les difficultés dont ces définitions et ces théories ont été l'objet » (Noël, 1861a, p. 72).

Effectivement, il commente, en les condamnant, des affirmations formulées par des infinifuges belges, principalement par son collègue gantois E. Lamarle, qui, dans une note des *Annales de l'enseignement*, affirme que :

« 1° l'existence des grandeurs autres que les grandeurs finies est purement chimérique ; [...] 3° la croyance aux *infiniment petits* est purement illusoire. En l'insinuant aux élèves, *on altère chez eux ce bon sens droit et sûr qui ne vit que de choses communes, cette raison sage et modérée qui répugne aux chimères* » (Noël, 1861a, pp. 83-84).

J.-N. Noël réplique :

18. À savoir, les règles dites de Leibniz ou de la partie standard telles qu'énoncées, par exemple, dans Bair-Henry (2008).

> « Tant que M. Lamarle n'aura pas démontré les [...] propositions précédentes [...], on en pourra contester l'exactitude. Ces propositions ne sont nullement prouvées par la Note de M. Lamarle. [...] D'ailleurs, ces preuves sont impossibles, car les *grandeurs infinitésimales* ont une existence certaine, ainsi que nous l'avons établi ailleurs et dont voici plusieurs preuves » (Noël, 1861a, p. 84).

Après avoir longuement argumenté ses idées, il les appuie par des avis similaires de mathématiciens français réputés; par exemple, il cite « D'Alembert [qui] regardait comme un préjugé nuisible le non-emploi des infiniment petits, dans l'étude des sections coniques » (Noël, 1861a, p. 95). Il déduit de ses réflexions, en s'appuyant sur une citation de Laplace, que :

> « l'emploi explicite des infinis dans les Mathématiques élémentaires est loin d'être "*un grave et dangereux abus*". [...] C'est en effet le contraire qui est vrai [...]. Il n'est donc pas seulement très-utile, mais il est absolument nécessaire d'employer franchement et exclusivement la méthode infinitésimale dans l'enseignement de la Géométrie élémentaire [...]. Car la rigueur logique n'est certainement pas dans les non-sens, les pétitions de principe, les longs et obscurs détours employés pour déguiser les infinis. Enfin, l'analyse infinitésimale se présente inévitablement pour simplifier et rendre possible l'étude logique complète des Mathématiques pures et appliquées. Son emploi, dans l'enseignement élémentaire, "donne à la fois aux élèves des connaissances et la méthode pour en acquérir de nouvelles. En continuant de s'instruire, ils ne font que suivre la route qui leur a été tracée et dans laquelle ils ont contracté l'habitude de marcher [...]" — Telles sont les considérations par lesquelles Laplace recommande l'emploi, nécessaire d'ailleurs, de la méthode infinitésimale dans l'enseignement élémentaire. Aussi désirait-il le perfectionnement de cette méthode, qu'il regardait comme un puissant instrument de l'esprit humain » (Noël, 1861a, pp. 101-102).

Dans le même volume 16 (série 1) des *Mémoires de la Société royale des sciences* figure, quelques pages après l'*Examen des diverses méthodes employées pour l'établissement et le développement des calculs transcendants* de A.-J.-N. Paque (1861) dont il a été question ci-dessus, un nouveau texte de J.-N. Noël intitulé *Notes sur l'Analyse infinitésimale* (Noël, 1861b). Il y est fait référence au texte de Paque, appelé ici « M^{r}. P. », qui « prétend prouver l'imperfection logique de l'analyse infinitésimale » (Noël, 1861b, p. 410). J.-N. Noël estime qu'une « réfutation directe devient ici nécessaire, et se trouve brièvement développées dans les Notes ci-dessous » (Noël, 1861b, p. 411).

Peu de temps avant sa mort, J.-N. Noël a écrit un dernier ouvrage publié à la Société royale des sciences de Liège sous le titre *Mémoires relatifs à différents sujets de mathématiques élémentaires* (Noël, 1866). Selon l'auteur,

> « ce Mémoire a pour but de démontrer, avec plus de clarté et de simplicité, certains principes élémentaires de quelques théories reproduites ci-dessous, résumant en partie les deux Mémoires : *Méthode infinitésimale en géométrie* et *Notes sur l'analyse infinitésimale*. Liège, H. Dessain[19], 1859 et 1861 » (Noël, 1866, p. 51).

Effectivement, J.-N. Noël enfonce une nouvelle fois le même clou, en écrivant par exemple :

> « La théorie du *Calcul infinitésimal* étant très-claire et très-simple, devra figurer dans les éléments. Elle y est nécessaire à la discussion des problèmes généraux d'algèbre et de géométrie numérique ; nécessaire encore à la définition descriptive de toute *courbe continue finie* ou *limitée*, et aussi pour faciliter les déductions logiques du calcul dans les rapports et les proportions entre quantités continues, ainsi que pour établir clairement et simplement les propositions de mesurage dans le cercle et les corps ronds » (Noël, 1866, p. 56).

Malgré les efforts de J.-N. Noël, ce sont les infinifuges qui vont finalement l'emporter en Belgique. Les méthodes de Cauchy et de Weierstrass sont introduites dans l'enseignement de l'analyse par Eugène Catalan (1814-1894) à l'Université de Liège, Philippe Gilbert (1832-1892) à l'Université catholique de Louvain, et Paul Mansion (1844-1919) à l'Université de Gand. Sous l'impulsion de P. Mansion, la méthode des limites sera préconisée, dans l'enseignement secondaire, tant pour les mesures d'aires et de volume en géométrie, que pour les rudiments du calcul différentiel et intégral.

5. Conclusion

Les travaux mathématiques de J.-N. Noël pourraient paraître, à notre époque et sur le plan scientifique, insignifiants et désuets. Ce n'est absolument pas le cas si l'on envisage le point de vue de l'enseignement des mathématiques élémentaires, spécialement de l'analyse mathématique au niveau du secondaire ou lors de la transition entre le secondaire et l'université.

19. À cette époque, il n'était pas rare qu'un même livre soit publié par deux éditeurs. C'est le cas pour ces deux titres qui figurent également dans les *Mémoires de la Société royale des sciences de Liège*, respectivement sous les références (Noël, 1861a) et (Noël, 1861b).

En ce qui concerne l'éventuelle obsolescence de son œuvre mathématique, l'histoire de la seconde moitié du XXe siècle a montré que les infinicoles avaient de bonnes raisons de croire aux infiniment petits (ou grands). De fait, A. Robinson a indiqué comment les construire rigoureusement et a élaboré une théorie incontestable à leur propos, l'*analyse non standard*. On sait donc désormais que Leibniz et ses successeurs avaient réalisé une découverte originale et efficace en faisant appel aux infiniment petits et en les exploitant en analyse mathématique (voir à ce sujet l'article de Bair *et al.* (2013).

L'emploi des infinitésimaux par J.-N. Noël s'inscrit dans cette même veine et ses arguments en faveur de la méthode infinitésimale sont intéressants. Tout au plus, peut-on regretter certaines maladresses de logique,... bien excusables à son époque (et pouvant être aisément rectifiées de nos jours suite aux progrès réalisés depuis lors par les logiciens). De fait, comme le signalent les écrits de J.-N. Noël, la méthode infinitésimale est intuitive puisque « c'est le point de vue de l'infini actuel qui triomphe dans l'analyse non standard » (Hauchart-Rouche, 1987, p. 358) ; les concepts et règles de base peuvent être aisément imaginés, voire illustrés par des exemples concrets et facilement concevables ; cette méthode est plus directe que toute autre (notamment que la méthode des limites) et plus simple à exploiter dans les questions élémentaires (notamment parce qu'elle élimine certaines difficultés techniques comme celles liées au nombre de quantificateurs à utiliser, à l'emploi de valeurs absolues dans certaines majorations, ...) ; de plus, et peut-être surtout, elle peut favoriser la découverte de propriétés nouvelles, ainsi qu'en attestent les débuts de l'analyse mathématique. Elle semble donc pouvoir être retenue pour débuter l'apprentissage de l'analyse, surtout avec une présentation adaptée au public visé, comme celle mise au point par Keisler (1976), qui a le double avantage :

- d'éviter tout recours à des théories sophistiquées de logique, essentiellement en postulant l'existence d'un hyperréalisme non réel, dont découle celle d'infiniment petits non nuls (ce qui est facile à concevoir comme le signale J.-N. Noël) ;
- d'exploiter le concept imagé et efficace de microscope pour « voir à l'infini » (lointain ou proche), ce qui rend la théorie plus tangible et aisément concevable (notamment grâce à l'usage de « zooms » réalisés avec des ordinateurs).

J.-N. Noël s'est illustré comme didacticien. Il fut un professeur de mathématiques marquant de son époque, respectueux envers ses étudiants et ses collègues, apprécié par ceux-ci. Il cherchait toujours à élever le niveau de ses

étudiants en leur fournissant les instruments les mieux appropriés et les plus efficaces. Il les motivait en leur présentant des applications concrètes, en modélisant des phénomènes réels, en insistant sur le raisonnement analogique. Il veillait à ce que son enseignement soit constamment, comme il l'a écrit si souvent, à la fois « très-clair, très-simple et très-rigoureux ». En particulier, il cherchait invariablement à se faire comprendre en utilisant un langage compréhensible, exempt de tout terme technique sophistiqué ou de tout jargon (trop souvent rencontré dans certaines études didactiques contemporaines). Sa carrière professionnelle fournit un exemple d'une voie à suivre pour acquérir un bon rayonnement didactique.

Les idées fondamentales de J.-N. Noël sur l'enseignement des mathématiques élémentaires peuvent, encore actuellement, être prises en considération. Pour preuve, trois illustres mathématiciens des XIXe et XXe siècles ont exprimé des réflexions similaires aux siennes.

Le premier, Émile Borel (1871-1956), semblait en accord avec J.-N. Noël sur la nécessité de dispenser un enseignement des mathématiques élémentaires faisant référence à des questions rencontrées dans la vie courante, lorsqu'il écrivait :

> « Ce ne serait pas sans danger qu'un enseignement se séparerait de plus en plus de la vie et de la réalité. Les applications des sciences pénètrent chaque jour davantage notre existence ; nous nous servons quotidiennement d'une bicyclette, nous voyons constamment dans les journaux des graphiques, nous construisons, chaque fois qu'un des nôtres est malade, des courbes de température. Si l'enseignement des mathématiques se rattache à des tels objets familiers, il risquera bien davantage d'intéresser, il échappera surtout à la mortelle scolastique. Quand un enseignement est trop scolastique, il dégoûte un grand nombre d'élèves et déforme plutôt qu'il ne forme l'esprit d'une partie des autres ; et il n'est pas toujours sûr que l'enseignement des mathématiques ait toujours su éviter cet écueil » (Borel, 1914, p. 204).

Le deuxième, Geörgy Polya (1887-1985), accordait lui aussi beaucoup d'importance à l'analogie qu'il présentait comme suit :

> « L'*analogie* est une sorte de ressemblance. Nous pourrions dire que c'est la ressemblance envisagée de façon précise et sur le plan conceptuel. Mais nous pouvons nous exprimer de façon plus exacte. La différence essentielle entre l'analogie et les autres types de ressemblance se trouve, à mon avis, dans les intentions mêmes de celui qui

> considère les objets semblables. Ces objets se ressemblent à un certain point de vue. Si l'on cherche à exprimer cette ressemblance par des concepts précis, on dit que ces objets sont *analogues*. Et si l'on réussit à parvenir à des concepts clairs, on dit qu'on a *élucidé* l'analogie » (Polya, 1958, p. 10).

Cette définition paraît s'appliquer à la vision de J.-N. Noël sur le sujet. Comme ces deux auteurs le laissent entrevoir, le raisonnement analogique, s'il n'est pas démonstratif mais seulement plausible, semble incontournable en mathématiques car il « paraît avoir sa part dans toutes les découvertes, mais dans certaines il semble que ce soit la part du lion » (Polya, 1958, p. 15). G. Polya illustre ses propos en décrivant la méthode analogique suivie par L. Euler pour résoudre le problème de Bâle[20] :

> « Les raisons qu'avait Euler d'avoir confiance en sa découverte [...] ne sont pas du type démonstratif. Euler ne reconsidère pas les fondements de son hypothèse, de son audacieux passage du fini à l'infini ; il en étudie seulement les conséquences » (Polya, 1958, p. 19).

Le troisième, Terence Tao (né le 17 juillet 1975)[21] distingue trois étapes dans toute formation mathématique ; il les appelle, de façon évocatrice, respectivement « pré-rigoureuse, rigoureuse et post-rigoureuse ». Les mathématiques élémentaires considérées par J.-N. Noël correspondent parfaitement à l'étape pré-rigoureuse qui concerne des étudiants de la fin de l'enseignement secondaire ou effectuant la transition entre les niveaux du secondaire et de l'universitaire. En effet, la matière est dans ce cas abordée de manière assez informelle et intuitive, avec de nombreux exemples et des références fréquentes à des problèmes rencontrés dans la vie courante ; on insiste davantage sur les calculs et des applications plutôt que sur la théorie proprement dite. Cette première étape pré-rigoureuse se situe dès lors dans le premier des trois mondes mathématiques envisagés par Tall (2013), à savoir « le concrétisé », les deux autres mondes, « le symbolique » et le « formel », étant plutôt réservés aux étapes rigoureuse et post-rigoureuse. En ce qui concerne plus précisément les débuts de l'apprentissage en analyse, T. Tao préconise le recours à des situations intuitives, comme l'examen de taux de variation ou de pentes de tangentes, et il recommande explicitement l'emploi des infinitésimaux, réservant une présentation plus abstraite des concepts, notamment avec la définition weierstras-

20. Le problème de Bâle, posé en 1644 par P. Mengoli, consiste à trouver la valeur de la série des inverses des carrés des nombres entiers. Il fut résolu en 1735 par le bâlois L. Euler.
21. Terence Tao « est considéré par de nombreux chercheurs comme le plus grand génie vivant des mathématiques » (voir Delahaye, 2012 et Bair, 2013).

sienne des limites, à l'étape rigoureuse de la formation. Ses idées sur cette question rejoignent donc celles de J.-N. Noël, étant bien entendu que les exigences de rigueur de l'époque contemporaine diffèrent de celles en application au XIXe siècle.

En conclusion de cette étude, il nous semble que la carrière professionnelle de J.-N. Noël fut exemplaire à chaque niveau où il a enseigné ; ses idées pédagogiques méritent d'être mieux connues et peuvent encore servir de référence à tout professeur contemporain de mathématiques élémentaires. En particulier, nous pensons que son plaidoyer en faveur de l'introduction de la méthode infinitésimale dans l'enseignement des mathématiques élémentaires reste d'application de nos jours, *mutatis mutandis*, au moins dans certaines circonstances. De fait, comme le souligne V. Gautheron :

> « Beaucoup de mathématiciens [...] pensent qu'on ne doit l'enseigner [l'Analyse Non Standard] qu'à des étudiants aguerris (après 2 ou 3 années d'université) pour ne pas leur embrouiller les idées. Nous croyons au contraire que, pour la formation des jeunes qui ne continueront pas d'études mathématiques (ingénieurs, techniciens, économistes, ...), l'A.N.S. permet de leur donner des base relativement claires et simples, souvent mieux adaptées que les notions classiques aux problèmes auxquels ils seront confrontés » (Gautheron, 1998, p. 39).

Remerciements

Nous remercions chaleureusement notre confrère Patrick Habets, professeur émérite de l'Université catholique de Louvain, qui nous a gracieusement fourni la copie du portrait de son ancêtre Jean-Nicolas Noël, et autorisé à le reproduire.

Bibliographie

Bair J. (2013). Pensées (mathématiques) de Tao. *Losanges,* (23), 33-41.

Bair J. & Henry V. (2008). *Analyse infinitésimale – Le calculus redécouvert*. Bruylant Academia. Louvain-la-Neuve.

Bair J., Blaszczyk P., Ely R., Henry V., Kanovei V., Katz K.U., Katz M.G., Kutateladze S., McGaffey T., Schaps D., Sherry D. & Shnider S. (2013). Is mathematical history written by the victors ? *Notices of the American Mathematical Society,* 60(7), 886-904. http://www.ams.org/notices/201307/rnoti-p886.pdf, http://www.ams.org/mathscinet-getitem?mr=3086638 et http://arxiv.org/abs/1306.5973.

Bair J., Blaszczyk P., Ely R., Henry V., Kanovei V., Katz K. U., Katz M. G., Kutateladze S., McGaffey T., Reeder P., Schaps D., Sherry D. & Shnider S. (2016). Interpreting the infinitesimal mathematics of Leibniz and Euler. *The Journal of General Philosophy of Science,* 48, 195-238. http://dx.doi.org/10.1007/s10838-016-9334-z, http://arxiv.org/abs/1605.00455 et http://www.ams.org/mathscinet-getitem?mr=3663035.

Bergmans C. (1899). Noël Jean-Nicolas. *Biographie Nationale*. 15, 769-773.

Borel E. (1914). L'adaptation de l'enseignement secondaire aux progrès de la science. *L'Enseignement mathématique*, (16), 198-210.

Bockstaele P. (1965). Negentiende-eeuwse discussies in België over de fundering van de analyse. *Scientiarum Historia : Tijdschrift voor de Geschiedenis van de Wettenschappen*, 7(1), 185-201.

Bockstaele P. (1967). Nineteenth century discussions in Belgium on the foundation of the calculus. *Janus*, 53(1), 1-16.

Delahaye J.-P. (2012). L'éducation réussie d'un surdoué. In *Logique, un aiguillon pour la pensée* (pp. 150-157). Belin Pour la Science.

Diener F. (1985). Un exemple de débat en mathématiques : l'analyse non standard. *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 115(suppl.), 58-62.

Gautheron V. (1998). Enseigner les débuts de l'analyse en utilisant des infinitésimaux. In Belgian Mathematical Society. *Logique dans l'enseignement des mathématiques* (pp. 39-44). Supplément au volume 5, n°5.

Godeaux L. (1943). *Esquisse d'une histoire des mathématiques en Belgique*. Office de Publicité, Bruxelles.

Halleux R., Vandersmissen J., Despy-Meyer A. & Vanpaemel G. (édit.) (2001), *Histoire des sciences en Belgique 1815-2000 : Première partie*. Bruxelles : Renaissance du Livre-Dexia.

Hauchart C. & Rouche N. (1987). *Apprivoiser l'infini : un enseignement des débuts de l'analyse*. Louvain-la-Neuve : Gem – Ciaco éditeur.

Jongmans F. (1987). *Les mathématiciens au XIXe siècle*. Bruxelles : Éditions APPS.

Jongmans F. (1994). Recrutement, au 19e siècle, de mathématiciens étrangers par l'Université de Liège. In *Actes du Congrès de Liège 20-23/VIII/1992.* Tome II (pp. 600-611).

Keisler H. J. (1976). *Elementary Calculus*. Boston : Prindle, Weber & Schmidt Inc.

Lamarle E. (1845-46). Essai sur les principes fondamentaux de l'analyse transcendante. *Mémoires de la Société royale des sciences de Liège*, série 1, vol. 2, 221-348.

Leibnitz G.-W. (1983). *Œuvre concernant le calcul infinitésimal* (traduit pour la première fois du Latin en Français, avec des notes, par Jean Peyroux). Paris : Diffusé par la librairie A. Blanchard.

Le Roy A. (1869). *Liber Memorialis : L'Université de Liège depuis sa fondation*. Liège : Carmanne.

Lucas Th. (1973). L'analyse non standard. *Revue des questions scientifiques,* 144, 477-491. Reproduit dans la même revue : 188, 2017, 513-527.

Manilius J. (1849). *Cours populaire de calcul différentiel et intégral et de mécanique, à l'usage des architectes, des constructeurs de machines, et des conducteurs des ponts et chaussées*. Gand : Imprimerie et lithographie de L. Hebbeling.

Manilius J. (1850). *Essai sur la métaphysique du calcul différentiel, suivi d'une nouvelle théorie sur la flexion des arcs très-surbaissés*. Gand : Imprimerie et lithographie de L. Hebbeling.

Mawhin J. (1985). La méthode infinitésimale en analyse. In *Mathématiques à venir*. Supplément au *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 115, 63-65.

Mawhin J. (1997). *Analyse : fondements, techniques, évolution*. Bruxelles ; Paris : De Boeck & Larcier.

Noël J.-N. (1843-44). De l'Analogie en Géométrie. *Mémoires de la Société royale des sciences de Liège,* série 1, vol. 1, 1-48.

Noël J.-N. (1845-46). Résumé des Méthodes élémentaires, en Géométrie. *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège*, série 1, vol. 2, 493-520.

Noël J.-N. (1855a). Théorie infinitésimale appliquée. *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège*, série 1, vol. 10, 25-136.

Noël J.-N. (1855b). Simplification des éléments de géométrie. *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège*, série 1, vol. 10, 461-532.

Noël J.-N. (1861a). Méthode infinitésimale en Géométrie. *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège*, série 1, vol. 16, 73-144.

Noël J.-N. (1861b). Notes sur l'Analyse infinitésimale. *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège*, série 1, vol. 16, 411-426.

Noël J.-N. (1866). Mémoire relatif à différents sujets de Mathématiques élémentaires. *Mémoires de la Société royale des sciences de Liège*, série 2, vol. 1, 51-88.

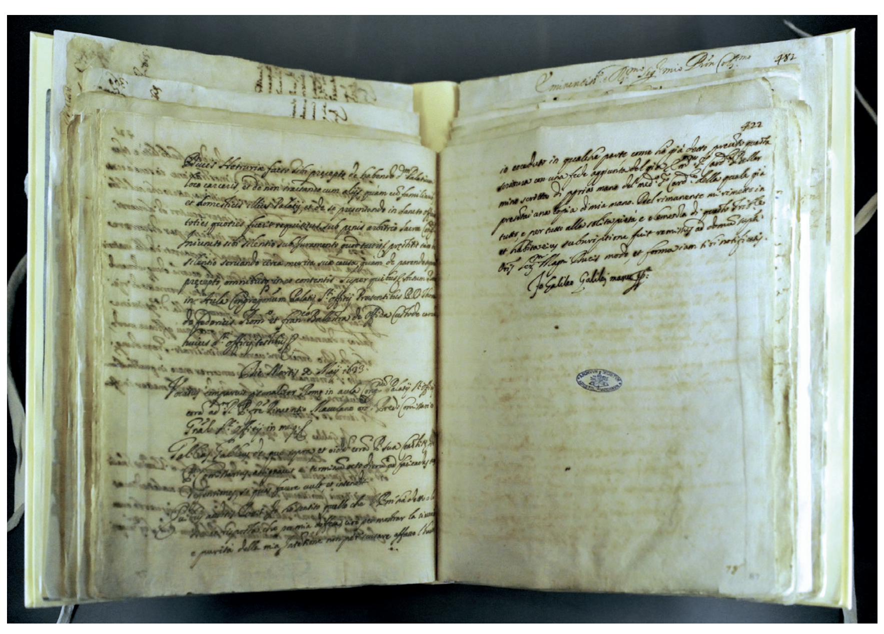
Paque A. J. N. (1861) Examen des diverses méthodes employées pour l'établissement et le développement des calculs transcendants. *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège*, série 1, vol. 16, 145-296.

Raxhon P. & Granata V. (2017). *Mémoire et prospective Université de Liège (1817-2017*). Presses universitaires de Liège.

Tall D. (2013). *How Humans Learns to Think Mathematically : Exploring the Three Words of Mathematics.* Cambridge University Press.

Tao T. (2018). *What's new - Updates on my research and expository papers, discussion of open problems, and other maths-related topics*, http://terrytao.wordpress.com

Xhayet G. (2017). Une société savante liégeoise dans son contexte social et intellectuel : La société royale des sciences de Liège à ses débuts (1835 - *ca* 1860). Actes du Colloque SRSL-2017. *Bulletin de la Société royale des Sciences de Liège*, 86, 1-7.



La troisième déposition de Galilée, 10 mai 1633.

Source : © Jochen Weber.

Revue des Questions Scientifiques, 2019, 190 (1-2) : 61-81

Le procès de Galilée

Faits et enjeux, à l'époque et aujourd'hui

Maurice A. Finocchiaro
University of Nevada-Las Vegas
maurice.finocchiaro@unlv.edu

Résumé. – Cet essai traite du procès de Galilée en esquissant un récit historique de ses faits clés et en proposant une analyse philosophique de ses principaux enjeux de méthodologie scientifique. Le récit aborde le conflit (de 1610 à 1633) qui opposa Galilée à l'Église catholique relatif à l'hypothèse de Copernic sur le mouvement de la Terre, et aussi quant au principe méthodologique qui postule que la Bible n'a pas autorité pour trancher des questions de science naturelle. Il implique également la controverse qui en découla et qui est toujours d'actualité quant aux causes, aux enseignements et à la justice du procès. L'un des enjeux fondamentaux est de savoir si le procès de Galilée démontre l'incompatibilité entre la science et la religion. Un autre enjeu central est de déterminer quels enseignements peuvent être tirés de Galilée en matière de rationalité, de méthode scientifique et de pensée critique. J'adopte ici une approche inspirée de Galilée, dans le sens où mon récit et mon analyse tentent d'appliquer les principes méthodologiques qu'il enseigna et mit en pratique au cours de son propre combat.

Abstract. – This essay discusses the trial of Galileo by sketching a historical account of its key facts and a philosophical analysis of its main scientific-methodological issues. The story involves the conflict (from 1610 to 1633) between Galileo and the Catholic Church over Copernicus's hypothesis of the earth's motion, and over the methodological principle that the Bible is not an authority on questions of natural science. The story also involves the subsequent and still ongoing controversy over the causes, lessons, and justice of the trial. One key issue is whether Galileo's trial proves the incompatibility between science and religion. Another central issue is what can be learned from Galileo about rationality, scientific method, and critical thinking. I follow an approach inspired by Galileo, in the sense that my story and my analysis attempt to apply the methodological principles which he preached and practiced in his own struggle.

Mots-clés. – Affaire Galilée — Procès de Galilée — Rationalité scientifique — Révolution copernicienne — Science et religion.

Plan de l'article

1. Introduction

Le procès de Galilée devant l'Inquisition en 1633 ne nécessite pas de longue présentation, car les faits de base de cet épisode sont relativement bien connus. Fondamentalement, il en est de même pour les problématiques inhérentes à ce procès, qui traita de questions telles que de savoir si la Terre est en mouvement et si la Bible fait autorité en matière de science. D'autre part, le procès de Galilée a donné lieu à une controverse qui a acquis une vie propre, qui est toujours d'actualité, et qui ne montre aucun signe de déclin. Cela dit, concernant cette controverse subséquente, même ses faits élémentaires demeurent mal connus et nécessitent donc une présentation attentive. Par ailleurs, les problématiques qui en découlent sont plus complexes et sujettes à controverse, étant donné qu'elles portent sur les causes, les responsabilités, la justice, les implications et les enseignements du procès original et qu'elles traitent, finalement, de questions telles que l'incompatibilité ou non de la science et de la religion, ou encore la nature même de la rationalité scientifique. Cet essai a pour objectif de relater les récits fondamentaux de l'épisode original et de la controverse qui en découla, mais aussi de débattre des enjeux soulevés par ces deux controverses.

Je travaille sur cet ensemble de problématiques depuis 50 ans environ[1]. Cet essai est en quelque sorte un résumé, une synthèse et une simplification de ces travaux. En fait, même un résumé aussi synthétique et simplifié nécessiterait un livre entier[2], car nous faisons face ici à cinq siècles de développement historique

1. Voir les travaux sous mon nom répertoriés dans la bibliographie.
2. Voir tout particulièrement mon livre à venir (septembre 2019), *On Trial for Reason : Science, Religion, and Culture in the Galileo Affair*, à paraître chez Oxford University Press, en tant que « *trade book* », destiné en premier lieu à des lecteurs intelligents, édu-

de culture occidentale, comportant des problématiques de signification universelle et de pertinence pérenne. Le succès modeste que j'ai déjà rencontré lors d'une tentative précédente[3] m'encourage à m'atteler à cette ambitieuse tâche.

2. La condamnation de Galilée par l'Inquisition (1633)

En 1633, à l'issue de l'un des procès les plus célèbres de l'histoire, l'Inquisition romaine a reconnu Galilée coupable de « forte suspicion d'hérésie », ce qui représentait une catégorie intermédiaire de crime religieux spécifique, entre hérésie formelle et légère suspicion d'hérésie. Il avait commis ce prétendu crime en publiant un livre qui défendait l'hypothèse héliocentrique de Copernic et implicitement contestait l'autorité scientifique des Saintes Écritures. Cet ouvrage avait été publié l'année précédente, sous le titre de *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde (de Ptolémée et de Copernic)*.

Ce verdict fut accompagné de plusieurs peines : Galilée fut forcé de réciter sur le champ une « abjuration » de ses croyances erronées, le *Dialogue* fut interdit, il fut assigné à résidence jusqu'à la fin de ses jours et il dut réciter les sept psaumes de la pénitence une fois par semaine pendant trois ans[4].

3. Contexte et procédure (1543-1633)

Cette condamnation représente l'apogée d'une série d'événements qui débutèrent en 1543, lorsque Nicolas Copernic publia un livre qui allait marquer son époque, *Des révolutions des orbes célestes*[5]. Ce livre défendait l'idée que la Terre est en mouvement, selon une rotation axiale quotidienne et une révolution héliocentrique annuelle. L'argumentation se bornait à illustrer que les faits connus sur le mouvement des corps célestes étaient plus facilement explicables

qués, interdisciplinaires et non spécialisés (mais aussi, en second lieu, à des spécialistes universitaires).

3. Une version plus courte de cet essai a déjà été présentée sous forme de cours magistral/conférence au Massachusetts Institute of Technology, le 6 juin 2014, à l'occasion de la réunion pour le 50e anniversaire de la promotion de 1964. Cf. http://1964.alumclass.mit.edu/s/1314/clubs-classes-interior.aspx?sid=1314&gid=55&pgid=19111.
4. Pour de plus amples détails sur la condamnation de 1633, cf. Finocchiaro, 1989, pp. 287-293 ; 2005, pp. 7-25 ; 2014, pp. 134-139 ; 2019, chap. 7.
5. Pour de plus amples détails sur ce contexte copernicien, voir Finocchiaro, 1989, pp. 15-25 ; 1997, pp. 7-38 ; 2013, pp. 11-30 ; 2019, chap. 2-3.

en s'appuyant sur l'hypothèse géocinétique et héliocentrique plutôt que sur la vue géostatique et géocentrique.

Bien que nouvelle et significative, l'argumentation de Copernic restait hypothétique et non conclusive. En outre, cette idée se confrontait à de nombreuses objections solides. Pour résumer, le mouvement de la Terre semblait épistémologiquement absurde, car il contredisait l'expérience sensorielle directe. L'idée semblait empiriquement fausse, car elle comportait des conséquences astronomiques qui n'étaient pas observées, comme les phases de Vénus et la parallaxe annuelle des étoiles fixes. Cela semblait physiquement et mécaniquement impossible, car cela contredisait les lois de l'époque sur le mouvement et les observations les plus claires des corps en mouvement. Par exemple, sur une Terre en rotation, les corps lourds, prétendument, ne tomberaient pas verticalement. Et l'idée semblait hérétique sur le plan religieux, car elle contredisait les textes bibliques, tels que le miracle de Josué, au cours duquel Dieu a arrêté la course du soleil pour prolonger la durée de la lumière du jour (Josué, 10:12-13, Bible du roi Jacques).

Ces objections émanaient d'astronomes, de mathématiciens et de philosophes naturels, ainsi que de théologiens et d'hommes d'Église, et de protestants comme de catholiques. Par conséquent, le copernicianisme n'a attiré que quelques disciples. Galilée lui-même, dans les vingt premières années de sa carrière (1589-1609), n'en faisait *pas* partie. Sa position à l'époque était celle d'un *examen indirect*, plutôt que d'une *acceptation*, ou même d'un *examen direct* : sa recherche se concentrait sur la physique plutôt que sur l'astronomie. Il était critique vis-à-vis de la physique aristotélicienne et penchait en faveur d'une approche archimédienne. Il avait eu l'intuition que l'hypothèse copernicienne était plus cohérente vis-à-vis de la nouvelle science du mouvement qu'il était en train de développer que la théorie géostatique, mais, à cette époque, il avait le sentiment, globalement, que les arguments contre le copernicianisme étaient plus forts que ceux qui le soutenaient.

Cependant, en 1609-1610, avec l'invention récente du télescope, il fit plusieurs découvertes surprenantes, qu'il publia dans un livre intitulé *Sidereus Nuncius* (Messager céleste)[6] : la surface de la Lune est accidentée, couverte de montagnes et de vallées (illus. n°1) ; d'innombrables autres étoiles existent au-delà de celles visibles à l'œil nu ; la Voie Lactée et les nébuleuses sont des ensembles denses composés d'un grand nombre d'étoiles distinctes ; et la planète Jupiter compte quatre lunes en orbite autour d'elle-même à différentes dis-

6. Galilée, 1890-1909, vol. 3, pp. 53-96 ; 2008, pp. 45-84.

tances et avec différentes périodes. Il découvrit quelque temps après les phases de Vénus et les taches solaires et, en 1613, il publia un livre intitulé *Storia e dimonstrazioni intorno alle macchie solari et loro accidenti*[7].



Illus. n°1.
Image de l'apparence de la Lune à travers le télescope de Galilée publiée dans le *Sidereus Nuncius* (Venetiis : Apud Thomam Baglionum, 1610, p. 10v).
Source : https://archive.org/details/sidereusnunciusm00gali
(Smithsonian Libraries).

7. Galilée, 1890-1909, vol. 5, pp. 71-250 ; Reeves & van Helden, 2010.

Les nouvelles choses apprises avec le télescope balayèrent la plupart des objections astronomiques observationnelles s'opposant au mouvement de la Terre et apportèrent des preuves supplémentaires venant l'étayer. L'évaluation de Galilée était désormais la suivante : les arguments défendant le mouvement de la Terre étaient à présent plus forts, pris dans leur ensemble, que ceux défendant son immobilité[8]. Cependant, cette consolidation du copernicianisme ne signifiait pas pour autant qu'elle mettait un terme au débat, car il subsistait toujours des preuves contraires astronomiques (principalement, l'échec à observer une parallaxe stellaire annuelle), et parce que les objections physico-mécaniques n'avaient pas encore été réfutées de manière explicite et que les lois physiques d'une Terre en mouvement n'avaient pas encore été publiées.

De plus, Galilée perçut aussi le caractère potentiellement explosif de l'objection des Saintes Écritures. En fait, pendant plusieurs années, il ne s'est pas impliqué malgré le fait que son *Sidereus Nuncius* fût attaqué par de nombreux auteurs utilisant des motifs bibliques. Cependant, il fut finalement forcé de rejoindre la discussion théologique. Il fut suffisamment prudent pour ne pas publier sa critique de l'objection des Saintes Écritures et préféra la faire circuler de façon privée, sous forme épistolaire : il s'en ouvrit en décembre 1613 à son ancien élève Benedetto Castelli, qui était alors professeur de mathématiques à l'Université de Pise, et en 1615 à Christine de Lorraine, grande-duchesse douairière de Toscane[9].

Dans ces lettres, Galilée soutenait que l'objection biblique présentait trois erreurs fatales. Tout d'abord, elle tentait de démontrer sa conclusion (l'immobilité de la Terre) en s'appuyant sur une prémisse (l'engagement de la Bible envers le système géostatique) qui ne peut être déterminée avec certitude que par une connaissance préalable de cette conclusion. En fait, l'interprétation de la Bible est une affaire sérieuse, et normalement le sens exact de ses affirmations quant aux phénomènes naturels ne peut être déterminé qu'après avoir pris connaissance de ce qui est vrai dans la nature. Par conséquent, le travail d'interprétation de la Bible dépend de l'investigation physique et baser une conclusion physique sujette à controverse à partir de la Bible revient à mettre la charrue avant les bœufs. Deuxième erreur, l'objection biblique est *non sequitur*, étant donné que la Bible n'a autorité qu'en matière de foi ou de morale, et non en matière de science. Il en découle donc que ses affirmations à propos d'un

8. Pour de plus amples détails concernant la réévaluation du copernicianisme, voir Finocchiaro, 2010, pp. 51-134 ; 2019, chap. 4.
9. Galilée, 1890-1909, vol. 5, pp. 281-288, pp. 209-248 ; Finocchiaro, 1989, pp. 49-54, pp. 87-118 ; 2014, pp. 43-77.

phénomène naturel ne sauraient en établir la véracité et, par conséquent, que ses affirmations ne constituent pas des raisons valides pour en tirer les conclusions scientifiques correspondantes. Enfin, troisième erreur, il est permis de se demander si le mouvement de la Terre contredit vraiment la Bible : une analyse du passage de Josué montre qu'il est difficilement interprétable à l'aide de la théorie géostatique alors qu'il s'accorde mieux à la vue géocinétique, particulièrement telle qu'elle est améliorée par la propre découverte de Galilée de la rotation axiale du Soleil. L'objection biblique est par conséquent sans fondement, indépendamment de ses autres failles.

La critique de Galilée, bien que complexe et pouvant mener à des malentendus, était logiquement convaincante, rhétoriquement persuasive, et théologiquement sophistiquée. En outre, elle était similaire à celle d'autres théologiens et philosophes catholiques progressifs, tels que Paolo Antonio Foscarini et Tommaso Campanella[10].

Cependant, même si Galilée remporta le débat intellectuel, il perdit le combat pratique. En 1615, après que des plaintes formelles eurent été déposées contre lui, l'Inquisition lança une enquête. La procédure dura environ un an et déboucha sur les résultats suivants[11]. En 1616, un décret fut publié par la Congrégation de l'Index, l'organe de l'Église catholique chargé de la censure des livres, déclarant que la doctrine du mouvement de la Terre était scientifiquement fausse et théologiquement contraire aux Saintes Écritures. Également, il condamnait et bannissait de façon permanente un livre de Foscarini, qui avait affirmé que le mouvement de la Terre était probablement vrai et certainement compatible avec les Saintes Écritures, et il interdisait temporairement le livre de Copernic, jusqu'à ce qu'il fût révisé.

Bien que Galilée ne fût absolument pas mentionné dans ce décret, il reçut en privé un avertissement. Celui-ci existe en deux versions. La première est un certificat remis à Galilée par le Cardinal Robert Bellarmin, membre de la Congrégation de l'Inquisition et l'un des hommes d'Église les plus influents et respectés de l'époque. Ce certificat déclare qu'il a réprimandé de manière informelle Galilée, lui indiquant que le mouvement de la Terre n'était pas défendable. La deuxième version revêt la forme d'une note non signée rédigée par un clerc et trouvée dans le dossier de la procédure du procès de Galilée, déclarant

10. Pour de plus amples détails sur la critique de l'objection des Saintes Écritures envers le copernicianisme de Galilée, Foscarini et Campanella, voir Finocchiaro, 2010, pp. 65-96 ; 2019, chap. 4 et 9.

11. Pour de plus amples détails sur la procédure de 1615-1616, voir Finocchiaro, 1989, pp. 134-53 ; 2014, pp. 96-105 ; 2019, chap. 5.

que le commissaire de l'Inquisition a transmis de manière formelle à Galilée l'injonction spéciale de ne pas soutenir, défendre ni débattre, de quelque manière que ce fût, le mouvement de la Terre. La principale différence entre l'avertissement amical de Bellarmin et l'injonction formelle du commissaire est que la dernière ajoute une interdiction plus stricte que celle mentionnée dans la première : outre le fait qu'il lui est interdit, comme tout autre catholique, de défendre le copernicianisme, Galilée a aussi reçu pour interdiction d'en débattre de quelque manière que ce fût.

Pendant les quelques années qui suivirent, Galilée se comporta comme s'il se conformait à l'avertissement de Bellarmin, tout en semblant n'avoir aucune connaissance de l'injonction spéciale. Puis, une nouvelle occasion vit le jour en 1623, lorsqu'un admirateur de Galilée, le cardinal Maffeo Barberini, devint le pape Urbain VIII. Se basant sur plusieurs indications, Galilée eut l'impression qu'il pouvait, s'il faisait preuve d'une prudence appropriée, publier un livre sur le mouvement de la Terre. Il écrivit donc le *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*[12].

Le livre était à l'évidence une discussion sur le mouvement de la Terre, mais il prenait la forme d'un examen critique de toutes les preuves en faveur et à l'encontre de cette idée. Les arguments de chaque camp étaient présentés, analysés et évalués. Pour rendre cela évident, Galilée rédigea le livre sous la forme d'un dialogue entre trois interlocuteurs : un expert qui défendait le camp ptolémaïque, un autre expert défendant la vision copernicienne, et une troisième personne profane mais éduquée, peu au fait du sujet, mais qui souhaitait se forger une opinion à l'issue de l'examen critique des preuves (illus. n°2). Galilée a fait de son mieux pour mener l'examen le plus équitablement et le plus légitimement possible. Les arguments en faveur du mouvement de la Terre s'avérèrent meilleurs que ceux en sa défaveur. Au pire, cela représentait une défense *implicite* et *indirecte* du copernicianisme. Le pari de Galilée était que des officiels de l'Église amicaux ne lui en tiendraient pas rigueur, car ils auraient reconnu que la défense était une conséquence de l'examen des arguments, et donc qu'elle n'était pas explicite, et par conséquent qu'il avait agi en respectant l'esprit de l'avertissement de Bellarmin.

12. Pour ce livre, voir Galilée, 1890-1909, vol. 7 ; 1997 ; cf. Finocchiaro, 1980 ; 2013 ; 2019, chap. 6.



Illus. n°2.

Frontispice du *Dialogue* de Galilée (1632).

Source : https://archive.org/details/dialogodigalileo00gali (Smithsonian Libraries).

Les efforts de Galilée échouèrent, non pas parce qu'ils étaient téméraires, mais parce qu'en 1632 l'injonction spéciale fit surface et, de son point de vue, toute discussion du mouvement de la Terre par Galilée était interdite, qu'il

s'agît d'une simple défense ou non. La publication du livre donna lieu par conséquent à un procès au cours duquel Galilée nia avoir reçu et transgressé l'injonction spéciale, mais admit avoir reçu et outrepassé l'avertissement de Bellarmin, en insistant sur le fait que sa violation était involontaire[13]. Cet aveu permit à Galilée d'éviter des punitions plus drastiques, comme la condamnation au bûcher.

4. Conséquences et controverse permanente (1633-1992)

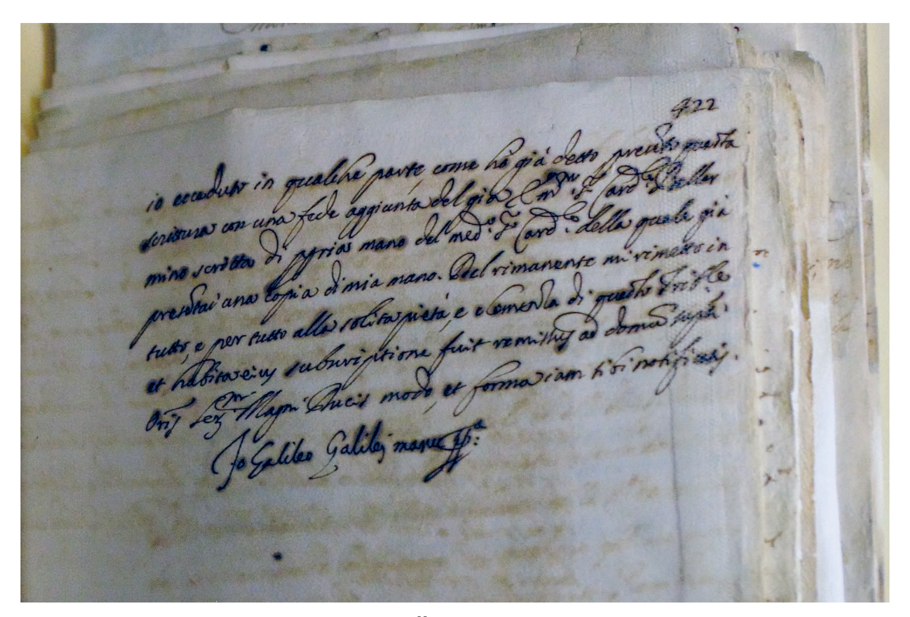
Même si la condamnation de 1633 mit fin à la controverse originale, elle marqua le début d'une nouvelle, toujours d'actualité[14]. L'affaire Galilée qui en découla porte sur les faits, les causes, les responsabilités, la justesse, les enjeux, les implications et les leçons du procès original.

Parmi les développements ultérieurs, on peut mentionner des actions entreprises par l'Église, telles que celles-ci : la levée partielle de l'interdiction du *Dialogue* de Galilée et de livres coperniciens en général par le pape Benoît XIV (entre 1740 et 1758), l'abrogation de la condamnation de la doctrine copernicienne au cours de la période allant de 1820 à 1835, la justification théologique implicite de l'herméneutique de Galilée par l'encyclique *Providentissimus Deus* du pape Léon XIII (en 1893) et la tentative de réhabilitation de Galilée du pape Jean-Paul II (entre 1979 et 1992).

L'affaire Galilée subséquente comprend également des actions entreprises par divers acteurs non ecclésiastiques dont, notamment : les efforts inlassables de Gottfried Leibniz (entre 1679 et 1704) pour convaincre l'Église de lever sa condamnation du copernicianisme et de Galilée, le transfert du corps de Galilée par le gouvernement de Toscane dans un somptueux mausolée dans la Basilique de Santa Croce de Florence (en 1737), la saisie par Napoléon (en 1810) du dossier des archives du Vatican contenant les pièces du procès avec pour but d'en publier le contenu, la publication desdites pièces (entre 1867 et 1878) par des chercheurs laïques en France, en Italie et en Allemagne (illus. n°3), et les tentatives, au milieu du XXe siècle, par plusieurs intellectuels laïques de gauche (par ex. Bertold Brecht, Arthur Koestler et Paul Feyerabend[15]) de

13. Pour de plus amples détails sur la procédure de 1632-1633, voir Finocchiaro, 1989, pp. 218-296 ; 2014, pp. 119-139 ; 2019, chap. 7.
14. Pour de plus amples détails sur l'affaire Galilée subséquente, voir Finocchiaro, 2005 ; 2010, pp. 155-228 ; 2019, chap. 8.
15. Brecht, 1966 ; Koestler, 1959 ; 1964 ; Feyerabend, 1993.

rendre Galilée responsable de choses telles que les abus de la révolution industrielle, l'irresponsabilité sociale des scientifiques, la bombe atomique, et le fossé entre les deux cultures.


422
io accaduto in qualche parte come ho già detto presento questa
scrittura con una fede aggiunta del già Em.mo Sig. Card. Bellar-
mino scritta di propria mano del med.o Sig. Card. della quale già
presentai una copia di mia mano. Del rimanente mi rimetto in
tutto, e per tutto alla solita pietà, e clemenza di questo Tribunale.
Et habita eius subscriptione fuit remissus ad domum supradicti
Orij Ser.mi Magni Ducis modo et forma iam sibi notificatis.
Io Galileo Galilei manu propria.

Illus. n°3.
La troisième déposition de Galilée, 10 mai 1633.
Source : © Jochen Weber.

5. Opposition science/religion ou conservatisme/innovation ?

En ce qui concerne les enjeux de l'affaire Galilée, une question primordiale est de savoir ce que l'on peut apprendre du procès original sur la relation entre la science et la religion[16]. Le point de vue le plus courant est qu'elle en illustre le conflit. À l'extrême opposé se trouve la thèse révisionniste selon laquelle le procès illustre vraiment l'harmonie entre la science et la religion. Son défenseur le plus significatif fut le pape Jean-Paul II, qui en fit l'argument principal dans sa réhabilitation de Galilée.

La plausibilité de la thèse du conflit saute aux yeux. Le procès original impliquait de toute évidence un affrontement entre le père de la science moderne et l'une des plus grandes religions du monde. Si cela n'est pas un conflit, alors qu'est-ce que c'est ?

16. Pour de plus amples détails, voir Finocchiaro, 2010, pp. 291-314 ; 2012 ; 2013, pp. 311-314 ; 2019, chap. 9.

La thèse de l'harmonie est plus difficile à justifier. Cependant, ses partisans soutiennent (avec un certain degré de plausibilité) que le point de vue correct est celui élaboré par Galilée lui-même, que l'Église a par la suite adopté comme étant le sien : Dieu s'est révélé à l'humanité de deux manières, à travers sa Parole et à travers son Œuvre. Sa Parole, à savoir les Saintes Écritures, nous donne des informations que l'on ne peut pas découvrir en examinant son Œuvre. Mais son Œuvre est simplement la nature, et pour en apprendre davantage sur elle, nous devons l'observer en utilisant nos sens corporels, qui en font partie, et en raisonnant avec cet autre aspect de l'œuvre divine qu'est notre esprit.

À mon sens, les thèses du conflit et de l'harmonie sont toutes deux en partie vraies et en partie fausses. Je prétends que le procès comportait des aspects à la fois conflictuels et harmonieux lorsqu'on le considère en termes d'opposition science/religion. Cependant, ceux-ci sont des éléments de sa structure superficielle, alors que sa structure la plus profonde repose dans l'affrontement entre conservatisme culturel et innovation.

Mon argumentation commence par mettre en avant le fait que le verdict de l'Inquisition de 1633 condamna Galilée en partie parce qu'il soutenait que les Saintes Écritures n'ont pas autorité en matière de questions scientifiques. Cet aspect impliquait un désaccord entre ceux qui, comme Galilée, défendaient que le copernicianisme était compatible avec les Saintes Écritures et ceux qui, comme les Inquisiteurs, le niaient. Il s'ensuit qu'il demeure un élément conflictuel irréductible dans le procès de Galilée, entre ceux qui estimaient et ceux qui refusaient qu'il existât un conflit entre science et religion. L'ironie de la situation réside dans le fait que la victime soutenait le point de vue le plus correct fondamentalement. Cependant, dans la mesure où le point de vue non conflictuel de Galilée est celui qui s'approche le plus de la vérité, le développement qu'il en fit suggère l'harmonie.

Par ailleurs, le conflit et l'harmonie existent au niveau de la structure superficielle de la situation. Si nous passons à un aspect culturel plus profond, alors nous devons faire remarquer que Galilée n'était pas le seul à nier l'existence d'un conflit, et que bon nombre de ceux qui étaient d'accord avec lui étaient eux-mêmes hommes d'Église. En effet, à l'époque de Galilée, il existait une division au sein du catholicisme entre ceux qui acceptaient l'autorité scientifique des Saintes Écritures et ceux qui ne l'acceptaient pas. Une fracture similaire existait dans les cercles scientifiques. Une autre fracture encore existait dans les deux domaines en ce qui concerne l'autre enjeu majeur du procès de Galilée : le mouvement de la Terre. Par conséquent, au lieu d'avoir un bloc ecclésiastique monolithique qui se confrontait à un autre bloc scientifique monolithique, le

véritable conflit avait lieu entre deux attitudes présentes au sein des deux blocs. La façon la plus féconde de concevoir les deux factions est de les décrire en tant que conservateurs ou traditionnalistes d'un côté, et progressistes ou novateurs de l'autre. Le conflit véritable avait lieu entre ces deux groupes. En ce sens, le procès de Galilée illustre l'affrontement entre le conservatisme culturel et l'innovation, et est un épisode qui a vu les conservateurs gagner. Ce conflit est inévitable et fructueux, et est à l'œuvre dans d'autres domaines de la société humaine, comme la politique, l'art, l'économie et la technologie.

6. Rationalité

Les enjeux importants de l'affaire Galilée ne s'arrêtent pas à ce que l'on peut apprendre du procès original en matière d'interaction entre la science et la religion. Il en existe d'autres qui sont potentiellement encore plus importants. Ils concernent la nature de la rationalité en général et les enseignements que l'on peut tirer de Galilée en matière de méthodologie scientifique et de pensée critique.

Ces leçons apparaissent de plusieurs façons. Par exemple, un document majeur de la controverse originale (le *Dialogue*) incarne explicitement de telles leçons permettant de réfléchir sérieusement à n'importe quel sujet enclin à controverse, et ces leçons ne doivent pas être ignorées. De plus, au cours des quatre derniers siècles, de grands scientifiques, tels qu'Isaac Newton et Albert Einstein, se servirent de Galilée comme modèle de rationalité, de méthodologie scientifique et de pensée critique et trouvèrent de telles leçons utiles[17] ; la même démarche fut suivie par de grands philosophes tels que David Hume, Emmanuel Kant et José Ortega y Gasset, ainsi que par des profanes éduqués et réfléchis. Je le démontrerais personnellement de la façon suivante[18].

La révolution copernicienne nécessitait bien plus que l'argumentation originale de Copernic. Tout d'abord, le mouvement de la Terre devait être étayé non seulement par de nouveaux arguments théoriques, mais aussi par de nouvelles preuves observationnelles. Les découvertes de Galilée faites avec son télescope fournissaient de telles preuves nouvelles. Deuxièmement, l'idée devait être non seulement étayée de manière constructive par de nouveaux arguments, mais aussi protégée de façon critique de nombreuses objections puissantes,

17. Voir, par exemple, Einstein, 1954, p. 271 ; Hawking, 1988, p. 179.
18. Pour de plus amples détails, voir Finocchiaro, 1980, pp. 103-179, pp. 343-412 ; 2010, pp. XXXVII-XLIII, pp. 121-134 ; 2013, pp. 259-280, pp. 314-327 ; 2019, chap. 10.

telles que les objections mécaniques fondées sur la physique traditionnelle. Il mit en place cette défense en élaborant une nouvelle physique. Troisièmement, la défense du mouvement de la Terre nécessitait non seulement la réfutation destructrice de ces objections, mais aussi la compréhension sensible de leur force. Galilée le fit avec enthousiasme et, par conséquent, nous trouvons, dans ses écrits, les arguments anticoperniciens présentés de façon plus claire et incisive que dans des travaux ptolémaïques. Enfin, Galilée avait compris que sa défense du copernicianisme n'était pas concluante de manière absolue : en fait, ses arguments pro-coperniciens étaient pour la plupart hypothétiques, et donc seulement probables, et comme son télescope ne lui avait pas permis de démontrer une parallaxe annuelle des étoiles fixes, cet argument anticopernicien ne pouvait donc pas être réfuté.

En utilisant une terminologie plus générale et méthodologique, nous pouvons dire que Galilée prônait et mettait en pratique un certain nombre de principes méthodologiques, parmi lesquels certains pourraient être appelés esprit de rationalité, esprit d'ouverture, esprit d'équité, esprit de discernement et raisonnement critique. L'esprit de rationalité (ou, plus simplement, la rationalité, dans une acception de ce terme) signifie la volonté, et la capacité, d'*accepter* les points de vue soutenus par les arguments les plus convaincants et les preuves les plus solides. L'esprit d'ouverture (ou l'ouverture) est la volonté, et la capacité, de *prendre connaissance et de comprendre* les arguments et les preuves *contredisant* ses propres points de vue. L'esprit d'équité (ou l'équité, dans une acception de ce mot) se réfère à la volonté, et la capacité, de *tirer des leçons* et d'apprécier les arguments et les preuves contredisant ses propres points de vue, même lorsque l'on tente de les réfuter. Le discernement (ou l'esprit de discernement) signifie avoir la volonté et être capable de se montrer impartial et pondéré, afin d'éviter tout unilatéralisme en prenant en compte de manière appropriée tous les différents aspects d'un problème, et d'éviter tout extrémisme en prenant en compte de manière appropriée les deux camps opposés dans n'importe quel aspect. Enfin, le raisonnement critique est la compétence à vouloir et à être en mesure de s'impliquer dans un raisonnement visant l'interprétation, l'évaluation, l'analyse ou la formulation autoréflexive des arguments.

7. Une approche galiléenne de l'affaire Galilée

Les principes succinctement décrits un peu plus haut peuvent fournir des suggestions méthodologiques pour nous guider dans d'autres enquêtes, et tout particulièrement dans celles sujettes à controverse, lorsqu'un enquêteur doit

décider s'il doit ou non les suivre, et si oui, de quelle manière exactement et dans quelle mesure. Un tel exemple serait une mise en œuvre de ces principes d'une façon autoréférentielle, pour ainsi dire[19]. C'est-à-dire qu'ils seraient appliqués à la controverse à propos du procès de 1633 et à la condamnation de Galilée, à savoir, à la *cause célèbre*[20] qui a débuté alors, qui est toujours d'actualité, et qui essaie de déterminer les faits, les causes, les conséquences, les responsabilités, les leçons et la justice de l'épisode original.

La première étape consisterait à suivre l'esprit de rationalité et à nous concentrer sur les arguments. Ce faisant, nous devons également trouver quelque affirmation clé qui, à la suite d'une telle argumentation, soit formulée par un camp et rejetée par l'autre. Une proposition candidate et prometteuse est celle selon laquelle la condamnation de Galilée par l'Inquisition en 1633 était juste. Celle-ci serait ensuite prise comme enjeu clé de la controverse qui en découla. Ensuite, en respectant l'idéal d'esprit d'ouverture, nous nous concentrerions sur la compréhension des arguments subséquents qui tentent de justifier la condamnation de Galilée et de défendre l'Église (c'est-à-dire les arguments contre Galilée). Cependant, nous ne nous arrêterions pas là pour au contraire les critiquer, en nous assurant d'apprécier avec honnêteté le degré de force qu'ils posséderaient.

Par exemple, une réaction initiale des critiques anti-galiléens et des apologistes pro-cléricaux était d'utiliser comme argument le fait que Galilée s'était trompé scientifiquement sur la question du mouvement de la Terre. Cependant, lentement et graduellement, l'histoire des sciences a établi sans controverse possible que Galilée avait eu raison sur ce point. En effet, en 1687, Isaac Newton élabora un système de mécanique céleste ayant plusieurs conséquences géocinétiques importantes, mais ses preuves étaient toujours indirectes et, par conséquent, la recherche de preuves plus directes continua. En 1729, James Bradley, en Angleterre, découvrit l'aberration de la lumière, fournissant une preuve observationnelle directe que la Terre avait un mouvement de translation. Entre 1789 et 1792, Giambattista Guglielmini, en Italie, confirma directement la rotation terrestre à travers des expériences détectant une déviation vers l'est lors de la chute de corps. En 1838, Friedrich Bessel, en Allemagne, observa la parallaxe annuelle des étoiles fixes, ce qui fournit une preuve directe que la Terre tourne autour du Soleil annuellement dans une orbite fermée. Et, en 1851, Jean Foucault, en France, inventa le pendule qui porte désormais son nom et qui offrit une démonstration spectaculaire de la rotation de la Terre.

19. Pour de plus amples détails, voir Finocchiaro, 2010 ; 2019, chap. 11.
20. NDT : en français dans le texte.

Cependant, bien avant Foucault, comme il devenait clair que Galilée avait eu raison de soutenir que la Terre est en mouvement, un autre genre de critique anti-galiléenne ou d'apologie cléricale avait émergé. Le savant florentin commença à être accusé de croire en ce qui s'avéra être vrai, mais pour de mauvaises raisons, en s'étant basé sur des arguments erronés, ou en s'appuyant sur des preuves inadéquates. Une telle critique soulève un point crucial et valable : avoir raison parce que les croyances de quelqu'un s'avèrent vraies, c'est-à-dire correspondent à la réalité, est loin d'être suffisant ; il est également important que le raisonnement et la méthodologie soient corrects. Mais de telles accusations anti-galiléennes représentent une application erronée et sont indéfendables, et le raisonnement et la méthodologie de Galilée peuvent être montrés comme étant un modèle de pensée critique, comme déjà suggéré et esquissé.

Je crois que cette controverse sur la justesse de la condamnation de Galilée par l'Inquisition va probablement se poursuivre dans le futur proche. Néanmoins, je crois que j'ai élaboré un cadre qui jette les bases devant permettre de la définir clairement et, finalement, de la résoudre. Dans mon approche, la controverse est interprétée en termes d'arguments pour et contre la justesse de la condamnation de Galilée. Il faut ensuite montrer envers ces arguments la même attitude que celle dont a fait preuve Galilée envers les arguments pour et contre le mouvement de la Terre. Les éléments clés de cette attitude galiléenne sont les suivants : éviter de mettre l'accent de manière excessive et unilatérale sur l'argumentation théorique ou les preuves observationnelles ; connaître et comprendre les arguments contre son point de vue personnel ; et apprécier la force des arguments contraires avant de les réfuter. Il s'agit des qualités de l'esprit ou des attitudes cognitives que j'ai appelées esprit de discernement, esprit de rationalité, esprit d'ouverture, esprit d'équité et raisonnement critique. En bref, ma thèse générale est qu'aujourd'hui, dans le contexte de l'affaire Galilée et des diverses critiques sur son comportement et sa pensée, *la défense appropriée de Galilée doit présenter le caractère raisonné, critique, judicieux, ouvert d'esprit et empreint d'équité qui animait sa propre défense de Copernic*.

8. Une autre application potentielle : la défense ou la critique du changement climatique

Le problème actuel du réchauffement et du changement climatiques constitue une autre application possible du modèle galiléen. Ici, il n'est pas surprenant de trouver des appels et des références à Galilée, au moins dans le contexte de la discussion profane ou non technique des résultats scientifiques et de la

politique publique, sinon dans le contexte de l'investigation scientifique des mérites intrinsèques du cas. En fait, les deux camps de la controverse aiment se comparer à Galilée, et leurs opposants à ses opposants[21].

À titre d'exemple, certains défenseurs du changement climatique mondial ont ridiculisé leurs opposants, les taxant de géocentristes ou de partisans de la théorie de la Terre plate. Pour reprendre les propos d'un groupe de défenseurs : « si vous attendez un Galilée moderne pour trouver des éléments nouveaux prouvant que le réchauffement climatique est erroné, c'est comme attendre que quelque trouve des nouvelles preuves que la Terre est plate »[22]. Selon les mots d'un autre défenseur, les stupidités des négationnistes sont telles que « Galilée doit se retourner dans sa tombe »[23].

D'un autre côté, certains négationnistes du réchauffement climatique ont suggéré que le débat actuel arguant que le réchauffement climatique était un fait établi scientifiquement s'apparente à la science ptolémaïque prétendument établie du XVIIe siècle avec son modèle d'une Terre immobile au centre de l'univers. Et, en effet, une telle affirmation rappelle prétendument la persécution de l'Inquisition envers Galilée[24].

À mon sens, ces deux types d'appel à Galilée ne sont pas éclairés et sont erronés. Les partisans ne comprennent pas deux différences de taille : la première est le fossé qui sépare la question du mouvement de la Terre à l'époque de Galilée, qui était alors non établi et sujet à controverse, et la question de la sphéricité de la Terre, qui n'était pas un problème à l'époque car elle avait été établie par les Grecs anciens ; et la deuxième est la dissimilitude entre le problème du mouvement de la Terre à l'époque de Galilée et la question du mouvement de la Terre au XXIe siècle, qui est à présent un non problème, car la question a été tranchée au cours des quatre siècles précédents. Ces différences impliquent que la notion de « science établie » est une question de degré, et que les affirmations scientifiques sont susceptibles d'être plus ou moins « établies ». Par exemple, bien qu'aujourd'hui les questions de la sphéricité et du mouvement de la Terre soient avérées, la sphéricité de la Terre est plus établie

21. Pour de plus amples détails sur de tels appels à Galilée en guise d'argument général, voir Doury, 1993 ; 1997, pp. 143-65 ; Finocchiaro, 2015.
22. Voir l'image créée par Jarren Nylund, à l'adresse https://skepticalscience.com/climate-skeptics-are-like-galileo-intermediate.htm, consultée le 17 février 2018.
23. Kluger, 2014.
24. Cf. le dessin humoristique dépeignant Galilée comme un « négationniste précoce », dans le *Las Vegas Review-Journal*, le 26 février 2014, p. 6B, visible à l'adresse http://bokbluster.com/2014/02/23/settled-science/, consulté le 17 février 2018.

que son mouvement. Par ailleurs, aujourd'hui, le mouvement de la Terre est plus établi que l'évolution biologique, même si cette dernière est plus établie que le changement climatique mondial ; et du temps de Galilée, la sphéricité de la Terre était déjà établie, contrairement au mouvement de la Terre, malgré sa solide confirmation qui a donné le jour à une nouvelle époque.

Toutefois, de telles différences n'impliquent pas que la science n'est jamais établie et que l'idée d'une science établie est un mythe, comme certains écrivains l'ont déclaré[25]. Elles impliquent plutôt que la notion d'établissement est un concept progressif continu.

D'un autre côté, souvenez-vous que certains négationnistes se comparent à Galilée dans la mesure où, comme lui, ils réfutent ce qui semble être l'opinion de la majorité, et ils comparent leurs opposants aux Inquisiteurs de Galilée dans le sens où ces derniers, comme leurs opposants, essaient d'entraver la liberté de pensée et de recherche. Ici aussi, des distinctions sont nécessaires. Il existe deux types principaux de négation : le premier consiste à simplement rejeter la conclusion défendue par un opposant et le deuxième revient à critiquer les arguments et les preuves des opposants et à élaborer constructivement un autre point de vue. Le premier pourrait être appelé « négation *pro forma* vide », le deuxième « négation contextuelle constructive » ; nous pourrions même parler de réfutation non raisonnée et raisonnée. La réfutation de Galilée d'une vision du monde géostatique était clairement de type constructif, contextuel et raisonné. Cependant, parmi les négationnistes du changement climatique, seuls certains sont des négationnistes constructifs, tandis que d'autres sont des négationnistes vides. À l'évidence, ces derniers ne sauraient se comparer à Galilée, contrairement aux premiers, qui seraient les seuls à pouvoir le faire.

En outre, en ce qui concerne les opposants de Galilée, eux aussi étaient de deux types principaux. Assurément, certains de ses opposants étaient des inquisiteurs et des officiels de l'Église, qui détenaient des postes avec un certain pouvoir ou degré d'autorité, mais qui n'avaient que peu ou pas du tout de connaissances scientifiques dans les domaines pertinents de l'astronomie, de la cosmologie et de la philosophie naturelle. Cependant, d'autres opposants étaient des pairs scientifiques dont les propres travaux et jugements personnels dans ces domaines les conduisaient à défendre divers aspects du système du monde ptolémaïque traditionnel. Ceci étant dit, une opposition et des restrictions exercées contre Galilée de la part des premiers peuvent sembler douteuses ou malvenues, mais une opposition venant du deuxième groupe semble légi-

25. Par exemple, Krauthammer, 2014.

time et même nécessaire. Ici, une analogie avec le changement climatique existe bel et bien, c'est-à-dire qu'un politicien qui interfère avec une réfutation raisonnée du changement climatique est comme l'inquisiteur qui persécute Galilée, alors que la critique raisonnée des scientifiques envers les négationnistes du changement climatique (même si cette négation est en elle-même raisonnée) est tout à fait appropriée.

Bref, de la part des négationnistes, il existe une tendance à méconnaître la différence entre réfutation raisonnée et non raisonnée, et la différence entre plaidoyer raisonné et non raisonné.

De tels malentendus dans les deux camps n'ont, évidemment, par pour intention de suggérer que toutes les références ou appels faits à Galilée sont erronés. Je serais la dernière personne à émettre une telle suggestion. Au contraire, je pense que de tels malentendus se réduisent au bout du compte à un échec d'appréciation du raisonnement critique, de l'esprit d'ouverture, d'équité et de discernement galiléens et, par conséquent, j'argumenterais en déclarant qu'une compréhension adéquate de ces enseignements galiléens serait extrêmement utile et d'une grande aide dans la gestion du problème du réchauffement et du changement climatiques.

9. Conclusion

Dans cet essai, j'ai traité du procès de Galilée en esquissant un récit historique de ses principaux faits et une analyse philosophique de ses enjeux méthodologico-scientifiques. Le récit comprend le conflit (de 1610 à 1633) entre Galilée et l'Église catholique à propos de deux problèmes connexes : (1) le statut scientifique de l'hypothèse de Copernic par rapport au mouvement de la Terre, et (2) le principe méthodologique selon lequel la Bible ne fait pas autorité en matière de science naturelle. Le récit évoque également la controverse qui en découla et qui est toujours d'actualité sur les causes, les responsabilités, la justice, les implications et les enseignements du procès. Un enjeu clé qui en découle est de savoir si le procès de Galilée prouve l'incompatibilité entre la science et la religion. Un autre enjeu central persistant est de savoir quels enseignements peuvent être tirés de Galilée en matière de rationalité, de méthode scientifique et de pensée critique. J'ai suivi une approche inspirée de Galilée, dans le sens où mon récit et mon analyse tentent d'appliquer les principes méthodologiques qu'il prêcha et mit en pratique lors de son propre combat.

J'ai soutenu que le procès original impliquait plus que de simples questions d'astronomie et de physique et qu'il reposait également sur une question de philosophie et de théologie, et spécifiquement sur le principe méthodologique affirmant que la Bible ne faisait pas autorité en matière de science naturelle. Concernant la relation entre la science et la religion, j'ai soutenu que le procès impliquait un conflit historique irréductible entre ceux (comme Galilée) qui niaient, et ceux (comme l'Inquisition) qui affirmaient que le copernicianisme contredisait la Bible. Mais j'ai soutenu aussi qu'il s'agissait ni plus ni moins d'un conflit larvé entre conservatisme culturel et innovation culturelle. En ce qui concerne la nature de la rationalité scientifique, je me suis concentré sur les qualités d'esprit que Galilée lui-même a manifestées envers la controverse originale relative au mouvement de la Terre, en soutenant que les qualités galiléennes cruciales sont le raisonnement critique, l'esprit d'ouverture et l'esprit d'équité. En guise d'illustration et de développement de cette rationalité galiléenne, j'ai appliqué ses principes à un aspect fondamental de l'affaire Galilée subséquente qui est la question de savoir si son plaidoyer du copernicianisme peut être critiqué de plusieurs manières, afin d'illustrer si sa condamnation était juste en fin de compte ; j'ai soutenu que Galilée peut être défendu de telles critiques si nous suivons l'approche raisonnée, critique, judicieuse, ouverte d'esprit et empreinte d'équité qui animait sa propre défense de Copernic. Enfin, j'ai examiné certains aspects de la controverse actuelle sur le réchauffement et le changement climatiques, particulièrement les appels à Galilée faits par les deux camps. Sans, évidemment, prétendre vouloir résoudre cette controverse, j'ai essayé de clarifier certains enjeux en y injectant des enseignements galiléens.

Bibliographie

Brecht, B. (1966). *Galileo* (trans. C. Laughton ; ed. E. Bentley). New York : Grove Press.

Doury, M. (1993). L'appel à Galilée. Dans C. Plantin (ed.). *Lieux communs : topoi, stéréotypes, clichés* (pp. 123-132). Paris : Kimé.

Doury, M. (1997). *Le débat immobile : l'argumentation dans le débat médiatique sur les parasciences.* Paris : Kimé.

Einstein, A. (1954). *Ideas and Opinions* (trans. S. Bargmann). New York : Crown.

Feyerabend, P.K. (1993). *Against Method* (3rd edition). London : Verso.

Finocchiaro, M.A. (1980). *Galileo and the Art of Reasoning : Rhetorical Foundations of Logic and Scientific Method.* (Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 61). Dordrecht : Reidel (now Springer).

Finocchiaro, M.A. (trans. and ed.) (1989). *The Galileo Affair : A Documentary History*. Berkeley : University of California Press.

Finocchiaro, M.A. (trans. and ed.) (1997). *Galileo on the World Systems : A New Abridged Translation and Guide*. Berkeley : University of California Press.

Finocchiaro, M.A. (2005). *Retrying Galileo, 1633-1992*. Berkeley : University of California Press.

Finocchiaro, M.A. (trans. and ed.) (2008). *The Essential Galileo*. Indianapolis ; Cambridge : Hackett Publishing Co.

Finocchiaro, M.A. (2010). *Defending Copernicus and Galileo : Critical Reasoning in the Two Affairs*. (Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 280.) Dordrecht : Springer.

Finocchiaro, M.A. (2011). A Galilean Approach to the Galileo Affair, 1609-2009. *Science and Education*, 20, 51-66.

Finocchiaro, M.A. (2012). The Copernican Revolution and the Galileo Affair. Dans J.B. Stump, & A.G. Pudgett (ed.). *The Blackwell Companion to Science and Christianity* (pp. 14-25). Malden, MA : Wiley-Blackwell.

Finocchiaro, M.A. (2013). *The Routledge Guidebook to Galileo's « Dialogue »*. (Routledge Guides to the Great Books). London ; New York : Routledge, Taylor & Francis Group.

Finocchiaro, M.A. (trans. and ed.) (2014). *The Trial of Galileo : Essential Documents*. Indianapolis ; Cambridge : Hackett Publishing Co.

Finocchiaro, M.A. (2015). The Argument Form « Appeal to Galileo » : A Critical Appreciation of Doury's Account. *Informal Logic*, 35, 221-272.

Finocchiaro, M.A. (2019). *On Trial for Reason: Science, Religion, and Culture in the Galileo Affair*. Oxford : Oxford University Press.

Galilei, G. (1890-1909). *Le Opere di Galileo Galilei* (vol. 1-20) (National Edition by A. Favaro *et al*.). Florence : Barbèra.

Galilei, G. (1997). *Galileo on the World Systems : A New Abridged Translation and Guide* (trans. and ed. by M.A. Finocchiaro). Berkeley : University of California Press.

Galilei, G. (2008). *The Essential Galileo* (trans. and ed. by M.A. Finocchiaro). Indianapolis ; Cambridge : Hackett Publishing Co.

Hawking, S.W. (1988). *A Brief History of Time*. New York : Bantam Books.

Kluger, J. (2014). The Science of Stupid : Galileo is Rolling Over in His Grave. *Time*, 17 February 2014 ; available at http://science.time.com/2014/02/17.

Koestler, A. (1959). *The Sleepwalkers : A History of Man's Changing Vision of the Universe*. New York : Macmillan.

Koestler, A. (1964). The Greatest Scandal in Christendom. *Observer* (London), 2 February 1964, pp. 21, 29.

Krauthammer, C. (2014). The Myth of « Settled Science ». *Las Vegas Review-Journal*, 23 February 2014, p. 4D ; available at http://www.washingtonpost.com/opinions/charles-krauthammer-the-myth-of-settled-science/2014/02/20/c1f8d994-9a75-11e3-b931-0204122c514b_story.html.

Reeves, E., & van Helden, A. (trans and eds) (2010). *On Sunspots.* Chicago : University of Chicago Press.

Philosophie, connaissance et nouvelle histoire des sciences

La pensée d'Abel Rey

Mirella Fortino
Liceo classico « Bernardino Telesio »
Cosenza (Italie)
mirella.fortino@istruzione.it

Résumé. – Expression de l'esprit positiviste, la pensée du philosophe et historien des sciences Abel Rey est caractérisée par « l'affirmation philosophique de l'histoire des sciences ». L'histoire des sciences, selon Rey, n'est pas érudition, ni histoire événementielle, mais philosophie. Bien loin de réduire toutefois la philosophie à la science, il s'agit, selon la nouvelle perspective critique de Rey, de considérer que « la théorie de la connaissance ne peut sortir que de son histoire ». Dans cet article, nous aimerions souligner que la liaison étroite, que Rey a défendu, entre la philosophie et l'histoire des sciences comme histoire de la raison humaine et fait de civilisation promeut une valeur pédagogique et se traduit, donc, en humanisme.

Abstract. – As an expression of the positivist spirit, the thinking of the philosopher and science historian, Abel Rey, is characterized by "the philosophical affirmation of the history of science". The history of science, according to Rey, does not stem from erudition, nor event-driven history, but from philosophy. Far from reducing philosophy to science, however, according to Rey's new critical perspective, it is a matter of considering that "the theory of knowledge can only emerge from its history". In this article, we would like to draw attention to the fact that the strong connection, which Rey upheld, between philosophy and the history of science as the history of human reason and a result of civilization, promotes pedagogical value and thus translates into humanism.

Mots-clés. – A priori — Duhem, Pierre — Histoire des sciences — Humanisme — Philosophie — Positivisme

Plan de l'article

1. Introduction

En France, sous la Troisième République, l'histoire des sciences est le fondement d'une réflexion philosophique qui s'affirme souvent au-dedans de la pratique des savants et non seulement chez les philosophes[1]. Cette réflexion montre l'entrelacement entre la science *in fieri* et la philosophie. Nous pensons que l'engagement critique d'Henri Poincaré (1854-1912) et de Pierre Duhem (1861-1916) est concevable à la lumière des bouleversements imposés par l'histoire des sciences. La naissance des géométries non euclidiennes et la découverte des fonctions fuchsiennes sont la source, chez le mathématicien et physicien Poincaré, de sa réflexion sur le caractère conventionnel des propositions de la géométrie. Chez le physicien Duhem, la thèse selon laquelle la théorie physique est une représentation et non une explication des lois expérimentales prend son appui sur son programme énergétique, qui s'oppose à la mécanique vouée à découvrir l'essence de la matière[2]. Ces événements, la géométrie non euclidienne et l'énergétique, sont des faits de l'histoire des sciences et fécondent une réflexion concernant la logique, la méthodologie, l'épistémologie et la philosophie des sciences. Mais au début du XXe siècle, celui qui théorise l'entrelacement entre l'histoire des sciences et la philosophie est Abel Rey (1873-1940), professeur d'histoire et de philosophie des sciences à la Faculté des lettres de la Sorbonne (1919) et fondateur de l'Institut d'histoire et philosophie des sciences de cette Université. Il est auditeur de Poincaré et élève du philosophe de la Sorbonne Émile Boutroux et de Paul Tannery, l'ingénieur engagé aussi dans l'érudition historique. Maintenant, il faut voir que Rey a une vue synthétique du rapport entre science et philosophie. Déjà le père du positivisme et de l'histoire des sciences, Auguste Comte, avait vu toute l'importance de ce rapport et soutenu la nécessité de l'institution d'une chaire d'Histoire générale des sciences, chaire qui sera occupée par son élève Pierre Laffitte au Collège de France[3]. En France, en effet, il y a une vraie préoccupation pour l'enseignement de l'histoire des sciences. Au début du XXe siècle, le physicien Pierre Duhem a vu toute l'importance de l'histoire des sciences dans l'ensei-

1. Pour la réflexion philosophique et scientifique au tournant du XIXe siècle et au début du XXe siècle, cf. Brenner, 2003 et Fortino, 1997, 2005, 2008.
2. Nous ne pouvons pas nier le caractère problématique du rapport entre la logique des sciences et l'histoire des sciences chez Duhem. Voir notamment Duhem, 1913 ; Boudot, 1967 ; Stoffel, 2002, p. 63 ; Fortino, 2016.
3. Pour les questions institutionnelles et historiques, cf. Brenner 2005a et 2005b ; Paul, 1976 ; Petit, 2005. Sur la fondation de l'Institut d'histoire des sciences et des techniques, cf. Braunstein, 2006. Sur les styles, les méthodes et les controverses qui concernent la discipline « histoire des sciences », cf. Braunstein, 2008.

gnement de la physique lorsque dans son chef d'œuvre, *La théorie physique: son objet et sa structure* (1906), il pose la question suivante : « Pourquoi ne préparions-nous pas l'entrée de chaque hypothèse [de Physique] dans l'enseignement par un exposé sommaire, mais fidèle des vicissitudes qui ont précédé son entrée dans la Science ? » (Duhem, 1914/1997, p. 408)[4]. Quand Duhem pose cette question, il voit l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement en fonction de la compréhension de la logique des sciences. L'exposition d'une hypothèse de la physique d'un point de vue seulement logique est réputée insuffisante et, par conséquent, un exposé sommaire et la fidélité à l'histoire sont, selon lui, nécessaires dans l'enseignement de la physique.

Dans les pages qui suivent, nous aimerions porter notre attention sur la doctrine de Rey, expression du style français en histoire des sciences, et en souligner le caractère critique. Au début du XXe siècle, dès *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains* (1907), la voix de Rey est une expression de l'esprit positiviste, voué à soutenir la cause de l'humanisme scientifique conçu comme but d'une nouvelle philosophie positive, et cela par l'« affirmation philosophique de l'histoire des sciences ». Or, chez Rey, l'humanisme se nourrit, comme cet article veut le montrer, de la considération de l'histoire des sciences conçue non comme histoire événementielle, chronologie, érudition, simple évocation des époques passées, mais comme le chemin de la pensée engagée dans la découverte de la vérité ; comme défense de la rationalité du savoir, c'est-à-dire des valeurs philosophiques immanentes à la pensée scientifique.

2. Connaissance scientifique et philosophie

Alors qu'en France, Paul Tannery, Gaston Milhaud, Pierre Duhem, Gaston Bachelard, Alexandre Koyré et aussi Léon Brunschvicg ne négligent pas la valeur de l'histoire des sciences (Braunstein, 2008), nous aimerions maintenant souligner que Rey, dont « plusieurs thèses annoncent Gaston Bachelard et Alexandre Koyré » (Brenner, 2005b, p. 452), affirme une thèse particulière, positiviste et réductionniste. En effet, dans la préface à son ouvrage *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, Rey affirme sa conception philosophique de la science par la réduction de la connaissance humaine à la connaissance scientifique. Il veut défendre une sorte de postulat fondamental

4. Selon Duhem, « en Géométrie [...] l'enseignement peut se donner d'une manière entièrement logique [...]. L'histoire des Mathématiques est, assurément, l'objet d'une curiosité légitime ; mais elle n'est point essentielle à l'intelligence des Mathématiques » (Duhem, 1914/1997, p. 410).

qu'il s'engage à justifier, à savoir le postulat selon lequel « les connaissances scientifiques sont toute la connaissance humaine » (Rey, 1907, p. III). Cette affirmation veut se traduire dans la négation de toute théorie de la connaissance. En effet, dans la revue *Thalès* de l'Institut d'histoire et philosophie des sciences, Rey dira que « la théorie de la connaissance n'est qu'une idéologie vague ou une dialectique verbale, sans l'histoire philosophique de la science » (Rey, 1934, p. XVIII). Il niera la valeur de la théorie de la connaissance parce qu'elle serait toujours *a priori* et aurait une nature suspecte, en semblant complice de buts métaphysiques[5]. La théorie de la connaissance, et aussi l'épistémologie, doivent présupposer l'histoire. En vertu de cette négation, en niant toute forme *a priori*, fixe, éternelle de la connaissance, la synthèse organisatrice, philosophique et « très voisine du positivisme » qui remporte les préférences de Rey est immanente à la science, ou mieux à la science qui évolue.

Il faut maintenant un peu de réflexion parce qu'en vertu de cet immanentisme, s'engendre l'idée de l'identité de la philosophie et de la science, à la différence toutefois de la doctrine de Comte qui concevait la philosophie, dès la première leçon de son *Cours de philosophie positive*, comme une philosophie transcendante, une « spécialité nouvelle » (Rey, 1909, p. 468). C'est-à-dire, affirmant le caractère philosophique de l'histoire des sciences, il s'agit de poser une question : si la science est l'œuvre des savants, la philosophie n'est-elle pas autre chose face à la science ? Or, avant tout, il faut observer qu'une fois établie la thèse immanentiste, la philosophie perd sûrement son ancien sentiment de supériorité, son ancien rôle de reine des sciences. En effet, dans l'article *Vers le positivisme absolu*, Rey a affirmé que la philosophie pourra revendiquer son importance en utilisant la « riche documentation que lui fournit la science » (Rey, 1907, p. 5). Cela signifiera que la philosophie doit reprendre « d'un point de vue synthétique et critique les réflexions des savants sur leurs mé-

5. Rey définit l'épistémologie de la manière suivante : « Sous le nom d'épistémologie, ou de logique des sciences, on entend d'ordinaire la discussion dialectique et assez lointaine des moyens que la connaissance scientifique met en œuvre. La valeur de l'expérience, la valeur de la raison, la valeur des idées générales, la valeur des catégories de l'entendement, la valeur des principes premiers sur lesquels s'appuient les théories scientifiques, la valeur de l'intelligence, en somme la nature de l'esprit considérée comme fonction de connaissance, et la nature de l'expérience, considéré comme objet de cette connaissance, voilà les problèmes que l'on voit d'ordinaire agités par ces spéculations. Elles ont toutes une tendance plus ou moins nette vers la métaphysique ; et les solutions proposées sont toutes inspirées par l'esprit métaphysique » (Rey, 1907, p. 9). Toutefois, il n'évite pas de définir une acception positive de l'épistémologie comme « vue d'ensemble exacte des différentes sciences » (Rey, 1907, p. 13).

thodes, en remontant aux caractères, aux conditions, aux principes de l'esprit scientifique » (Rey, 1907, p. 5).

La question visant à savoir si la philosophie perd, selon cette nouvelle perspective, son autonomie laisse voir que Rey donne à cette question une réponse négative, parce qu'il faut préciser que s'il est nécessaire pour les philosophes de se « mettre à l'école des savants », cela ne signifie pas « se faire savants », ni ajouter quelque chose à ce que disent les savants, ni par conséquent perdre son identité en tant que philosophes. La science, en effet, est l'œuvre de savants et « la philosophie consiste à en prendre et à en donner conscience » (Rey, 1909, p. 469). Rey, dans *Le retour éternel et la théorie de la physique*, dira en effet : « loin de nous l'intention d'analyser ce contenu [de la science]. C'est l'œuvre des physiciens » (Rey, 1927, pp. 5-6). Il veut simplement soutenir que « la science est tout entière œuvre de réflexion : elle est au fond philosophie » (Rey, 1927, p. 10). Mais l'on se tromperait gravement si l'on pensait systématiser la science « en dehors d'elle », par une dialectique *a priori* ou par la métaphysique[6]. L'activité philosophique ne doit pas être semblable à l'activité des artistes préraphaélites, qui veulent imposer des formes d'autrefois, archaïques, à la pensée. Selon Rey, en effet, « le système de la science positive [...] doit respecter la science telle qu'elle est et non telle qu'on voudrait qu'elle fût » (Rey, 1909, p. 470). Selon cet horizon de pensée, la philosophie, comme la science, doit être ainsi une rationalité ouverte, contemporaine de la science et jamais définitive. À la différence de la doctrine comtienne, dans laquelle la philosophie positive semble dessiner l'état définitif de l'évolution de l'intelligence humaine, la philosophie « est le point de vue de l'instant sur l'Univers. Elle prépare, dans un devenir sans fin, le point de vue de l'instant qui suivra » (Rey, 1909, p. 470). En disant qu'il n'y a pas un stade positif et définitif, l'on dépasse donc le positivisme comtien au nom d'une rationalité en perpétuel devenir qui exprime l'esprit du présent et annonce l'avenir. En outre, il ne faut pas négliger que, dans son article *Vers le positivisme absolu*, Rey définit le rôle du philosophe en disant que « le vrai philosophe, l'esprit positif [...] cherchera l'ensemble, quand il se dessine, il notera les divergences, [...] aussi les convergences pos-

6. L'histoire des sciences n'est pas érudition ; en tant que réflexion critique, elle est réformiste. Si le lien étroit entre sciences et lettres est en fonction du retour de la philosophie du ciel de l'absolu sur la terre, cependant il ne s'agit pas de méconnaître, comme le font par contre les néopositivistes, le rôle de la métaphysique, mais simplement d'affirmer la distinction entre science et métaphysique. « La métaphysique [...] doit venir après la science et non avant la science, ni pendant la science » (Rey, 1907, p. 9). En défense de cette distinction, Rey avait critiqué trop sévèrement et, selon nous, inopportunément la doctrine de Duhem. Selon lui, cette doctrine est la doctrine d'un croyant.

sibles, l'évolution, s'il en est une qui soit visible » (Rey, 1909, p. 472). Donc, il s'agit de suivre la marche de l'histoire des sciences et d'en saisir l'intelligibilité. Et c'est ainsi que, selon nous, se théorise, mais sans imposer une philosophie de l'histoire, l'historicité de la raison humaine, et cela par le déroulement historique de la théorie physique, faite de tâtonnements, de doutes, de défaites et de victoires. Il faut considérer que la physique, en effet, n'est pas une science purement déductive et, pour cela, nous aimerions souligner que dans son chef d'œuvre, *La théorie physique : son objet et sa structure*, le physicien Pierre Duhem, qui est contemporain de Rey, défend la nécessité de la méthode historique dans l'enseignement de la physique, et non pas dans l'enseignement des mathématiques, qui sont des sciences déductives (Duhem, 1914/1997, pp. 408-409). Un peu de réflexion encore nous permettra de comprendre la « dignité philosophique » et le caractère formatif de l'histoire des sciences selon le style français dessiné par Abel Rey.

3. Histoire des sciences et inquiétude de l'intelligence

Au XIX[e] siècle, le passage du mécanisme à l'énergétique est exemplaire de la vocation philosophique de la nouvelle histoire des sciences. Et dans l'enseignement, dégager les prétentions gnoséologiques du mécanisme fondé sur l'image d'une « nature de cristal » et voir l'évolution de la physique chez l'école énergétiste a une valeur formative pour la conscience critique. Il y a des illusions au fond de l'école mécaniste (dont le mécanisme rationaliste de Lagrange est la meilleure expression), parce que le mécanisme traditionnel engendre une confusion entre la théorie physique et la réalité expérimentale. Abel Rey, historien et philosophe des sciences, fait ainsi voir que la correspondance réaliste entre extension et pensée, affirmée par l'école mécaniste, s'évanouit chez les esprits engagés dans la construction de l'énergétique. Au lieu des hypothèses figuratives du mécanisme, l'école énergétique pose une construction abstractive qui a une valeur méthodologique. Donc, l'historien-philosophe sait voir que la méthode nouvelle enseigne qu'il faut séparer la prétention de découvrir l'essence de celle, plus modeste, du nouvel esprit scientifique qui invite à parler — sans prétentions métaphysiques — des apparences, c'est-à-dire du phénomène. Le vrai historien-philosophe, qui vante une vue synthétique et générale, sait aussi percevoir que le renoncement à découvrir l'essence des choses ne trahit pas l'exigence d'objectivité, qu'il y a une continuité avec l'esprit expérimental de la Renaissance. Avec ses études sur la chaleur, l'énergétique, en portant l'attention sur les aspects qualitatifs du réel, ne trahit pas la réduction de la

qualité à la mesure dans sa considération du mouvement comme changement, selon la définition d'Aristote, et non seulement comme translation.

L'historien-philosophe perçoit qu'au cours du XIXe siècle « une nouvelle école mécaniste » élabore une conception « essentiellement phénoménologique de la science physique » (Rey, 1907, p. 48). Il s'agit de la conception représentative de la théorie physique, théorisée par Duhem, en accord avec des idées d'Ernst Mach. L'historien-philosophe, qui sait que la nouvelle physique (l'énergétique) est « une réforme de la physique ancienne » (Rey, 1907, p. 163)[7], cherche donc une interprétation, parmi d'autres, de l'histoire des sciences, c'est-à-dire de ce que les savants produisent. Éduquer l'esprit de l'étudiant à dégager des discontinuités et des continuités, des tournants saillants, la genèse, les aspects psychologiques et aussi anthropomorphiques des théorisations conceptuelles, sera donc le privilège du véritable historien-philosophe et du philosophe-historien de la pensée scientifique. Ainsi, un entrelacement s'affirme entre esprit scientifique et philosophie en vertu d'une interrogation, « des inquiétudes de l'intelligence », de « l'architectonique de notre intelligence [...] en train de se faire » (Rey, 1927, p. 272). Il s'agit de réfléchir sur le relatif et l'absolu, sur la causalité, la réalité, sur l'essence et l'apparence, sur la théorie physique comme interprétation, et aussi sur l'interprétation de l'historien (Rey, 1927, p. 272). Dans *La théorie physique*, Duhem ne soutient-il pas la nécessité, dans l'enseignement, d'un examen critique, par exemple à l'égard de l'expérience de Léon Foucault concernant la nature ondulatoire de la propagation de la lumière et en ce qui concerne les limites de l'*experimentum crucis* (Duhem, 1914/1997, pp. 393-394) ? En effet, il faut remarquer qu'en faisant l'examen de ce fait historique, à savoir l'expérience de Foucault, Duhem est conduit à la formulation de la thèse holiste de sa logique des sciences physiques. Grâce à sa vocation d'historien des sciences philosophiquement engagé, il nous conduit en outre à réfléchir sur les pouvoirs de l'intuition tandis qu'il voit dans l'établissement des conventions scientifiques un fait de l'esprit.

Pour cela, il est important souligner que dans *Le retour éternel et la philosophie de la physique*, Rey nous fait voir la dialectique entre objectivité et subjectivité. Il se réfère au principe de conservation de Sadi Carnot et cherche à en dégager l'idée fondamentale, la signification, l'origine expérimentale et les vicissitudes historiques, la genèse et l'évolution qui conduit au principe de Carnot-Clausius. Ce qui est en discussion chez Rey, c'est le mouvement de l'esprit scientifique à travers son histoire, donc les modifications virtuelles, l'idéalisa-

7. Cf. Duhem, édit. 1992 ; Bordoni, 2017.

tion, essentielles à la mécanique classique lorsqu'on affirme le principe de réversibilité, mais aussi la haute improbabilité d'un retour au passé par un démenti du principe d'irréversibilité (Rey, 1927, p. 62).

Rey a pleine conscience de la complexité des idées de l'énergétisme : idées de commencement, de sénescence, de mort (Rey, 1927, p. 291). Il sait que voir tout cela est formatif, au-delà de toute rhétorique, dans l'enseignement de l'histoire des sciences. Dans l'œuvre philosophique de Duhem, si l'histoire des sciences est souvent utilisée simplement comme confirmation de sa logique (Duhem, 1913, p. 115 ; Fortino, 2005, pp. 18-28), chez Rey, elle a donc quelque chose de plus. En se revendiquant de la « grande tradition gréco-latine », son positivisme a explicitement le rôle très important de « dessiner l'éducation et la culture générale que la science comporte, de façonner, dans l'intérêt même de la science, l'esprit général à l'attitude scientifique moderne » (Rey, 1909, p. 479). Et il faut aussi voir, comme on peut le lire dans *Le retour éternel et la philosophie de la physique*, que « l'objet que nous posons est pétri par l'esprit » (Rey, 1927, p. 273), sans pour cela acquiescer au subjectivisme. En effet, dans la défense de l'objectivité du savoir, dans l'effort de désubjectiviser l'objet, le vrai historien des sciences sait voir un besoin de l'esprit, une exigence de l'intelligence rationnelle.

Depuis Comte, chez Rey (proche de Lucien Febvre), comme chez Paul Tannery, l'histoire des sciences est histoire de la civilisation. Il défend la conception de l'histoire générale de la science comme fait de civilisation en disant que à partir de :

> « l'histoire des dates, des batailles, des hommes et des faits, on s'est toujours élevé, même chez les plus "historisants" des historiens, à une histoire de la civilisation comme la rendant, et comme seule à la rendre intelligible. L'histoire de la civilisation, dans le domaine qui nous occupe, n'est-ce pas l'histoire de la science qui en joue le rôle ? Elle en est d'ailleurs une partie intégrante, trop négligée jusqu'ici, car partie d'importance primordiale » (Rey, 1930, p. 3)[8].

Rey ne veut pas nier la valeur de l'érudition historique, mais il soutient simplement que les faits de l'histoire montrent une intelligibilité que le vrai historien doit saisir. Autrement dit, par l'érudition, dirait l'historienne de la chimie Hélène Metzger, nous voulons simplement « mieux connaître l'esprit hu-

8. Il est d'ailleurs utile de rappeler ici que pour Paul Tannery « *the aim* [de l'histoire des sciences] *was chiefly to show the evolutionary rational concatenation of each of the sciences with the others and with civilization itselfs* » (Paul, 1976, p. 377).

main » (Metzger, édit. 2002, p. 81). Le grand intérêt du positivisme comtien, comme de celui de Rey, est ce sentiment de la nécessité de franchir le divorce, déterminé par la spécialisation, entre les disciplines. L'esprit philosophique est le « remède précieux » aux « dangers de l'esprit de spécialisation ». Et cela pour unir les esprits. Le positivisme nouveau de Rey, que nous venons de discuter, est donc un humanisme. La philosophie positive

> « veut être un humanisme, au sens le plus élevé du mot, au sens qu'il avait à la Renaissance. Et cet humanisme, la science ne peut vivre sans lui, car il est son atmosphère nécessaire, car il forme l'esprit général par elle, et par conséquent pour elle. Cette éducation, cette culture générale, les sciences spécialisées ne peuvent la fournir » (Rey, 1909, p. 473).

Rey a donc été un philosophe qui a voulu définir une nouvelle idée de l'histoire des sciences. Cette nouvelle idée est en harmonie avec la conception de l'histoire générale des sciences dont a parlé l'ingénieur et historien des sciences Paul Tannery[9]. À ce propos, en considérant qu'Auguste Comte avait proposé, comme nous l'avons dit, « la création d'une chaire nouvelle et permanente consacrée à l'histoire générale et philosophique des sciences positives » au Collège de France, il s'agit, chez Rey, de rester fondamentalement fidèle en général à l'idéal comtien, nonobstant ses indéniables critiques à ce dernier, c'est-à-dire à la philosophie positive comme « spécialité nouvelle ». En soutenant l'unité des diverses sciences pour sortir du dogmatisme, Comte affirme que la connaissance de la véritable histoire de toute science n'est possible « qu'en étudiant, d'une manière générale et directe, l'histoire de l'humanité » (Comte, 1830/1968, p. 67)[10]. Et en ce qui concerne cette histoire, on parlera, synthé-

9. « L'histoire générale doit réunir tous les éléments intelligibles pour le grand public scientifique. À elle appartient tout d'abord le classement des documents de toutes sortes que l'on peut utiliser ; elle doit présenter l'inventaire raisonné, non pas tant de ces documents (ce qui est affaire de bibliographie), que de ce qu'ils contiennent. Je revendique également pour elle tout ce qui concerne la biographie des savants, et d'un autre côté tout ce qui est relatif soit aux actions réciproques des sciences les unes sur les autres, soit aux influences exercées sur le progrès ou la stagnation scientifique par les milieux intellectuel, économique et social. Elle doit particulièrement s'attacher à reconstituer autour des grands savants le cercle des idées qu'ils ont trouvées autour d'eux, qui ont enserré leur génie et qu'ils sont parvenus à rompre ou à élargir. Elle doit porter enfin son attention pour chaque époque sur le niveau de l'enseignement à ses différents degrés, sur le mode de diffusion des idées scientifiques, et viser aussi bien à marquer les traits caractéristiques du milieu intellectuel, que ceux qui singularisent les génies supérieurs » (Tannery, 1904, p. 13).

10. La doctrine de Rey, tolérante et respectueuse de la conscience individuelle et attentive à l'histoire de l'humanité, est une doctrine dans laquelle, toutefois, il n'y a pas de place pour la religion de l'Humanité.

tiquement, d'histoire générale des sciences. Rey était, ne l'oublions pas, directeur de publication, avec Henri Berr, Lucien Febvre et Paul Langevin, de la *Revue de synthèse*.

4. Finalités philosophiques et pédagogiques de l'histoire des sciences

Nous aimerions encore nous demander : quelles sont les finalités de l'enseignement de l'histoire des sciences ? Ce que nous avons évoqué se nourrit d'un idéal de la philosophie des Lumières. Lorsqu'en France s'imposent les courants sceptiques de la critique envers la science et ceux de l'irrationalisme, souvent par un conventionnalisme de nature métaphysique, on soutient la cause du rationalisme en théorisant que l'histoire des sciences est déploiement des valeurs de vérité, de connaissance et qu'elle n'a pas de but pratique, pragmatique, mais surtout un but méthodologique, fonction de vérité. Rey écrit : « Je veux faire œuvre d'historien, mais d'historien conscient des services qu'une logique positive pourrait tirer de l'histoire des sciences. Je ne perdrai jamais de vue le but méthodologique auquel cette histoire peut contribuer » (Rey, 1907, p. 13). Et seule la science est connaissance vraie, parce qu'elle seule trouve, dans le contrôle et dans la vérification, le signifié de ses propositions. Mais il faut dire aussi que la poursuite logique n'est pas un but en lui-même : elle peut vanter des finalités éducatives. Rey affirme en effet que « la méthode rationnelle et positive reste la suprême éducatrice de l'esprit humain » (Rey, 1907, p. 20).

Le chemin des sciences a donc une *vis* formatrice en faveur de l'intellectualisme contre l'utilitarisme gnoséologique du positivisme. En effet, si Rey ne nie pas que les théories physiques sont des instruments, sa conception ne s'accorde pas avec les tendances sceptiques de certains philosophes de son temps. En effet, quand le courant du conventionnalisme présentait des voix en dissonance avec la défense de l'objectivisme scientifique, Rey donnait une interprétation objectiviste des thèses conventionnalistes de Poincaré et de celles de Duhem. À ce propos, il est remarquable que si la physique est soumise à des buts utilitaires, selon Rey, elle « perd toute valeur éducative » (Rey, 1907, p. 19). Et nous aimerions souligner que l'utilitarisme dans l'enseignement supérieur et dans l'enseignement secondaire de la physique est, d'ailleurs, un but qu'il faut aussi absolument refuser selon le physicien catholique Pierre Duhem[11]. L'his-

11. À ce sujet, cf. notamment Duhem, 1914/1997, p. 136; Duhem, 1910; Locqueneux, 2005.

toire de l'esprit scientifique présente donc, indéniablement, un intérêt philosophique et pédagogique. Dire que la philosophie a son but dans la science est une affirmation sûrement dogmatique, mais nécessaire :

> « La philosophie est surtout la défense et l'exaltation de l'esprit scientifique : tâche périlleuse et grave de conséquences, car il s'agit en somme de la civilisation, telle qu'elle s'est développée dans le monde gréco-latin, puis dans l'Europe occidentale, depuis la fin du moyen âge » (Rey, 1907, p. 5).

Mais Rey dit en outre que « la philosophie ne peut avoir d'autre tâche que l'unification et la critique de notre savoir. [...] Et [...] la science [est] l'ensemble des connaissances qui, seules, sont susceptibles, en fait, de rallier toutes les raisons humaines » (Rey, 1907, pp. 5-6). Donc, un grand idéal se dessine : intégrer la culture scientifique, en accord avec les thèses de Bachelard, dans la culture générale[12]. Et cela en vue de l'unité des esprits. Alors, dirons-nous enfin, l'histoire des sciences et son enseignement ont leurs plus hautes finalités dans la formation de l'« homme intégral ». Cette idée se révélera, pensons-nous, en harmonie avec la pensée bachelardienne, selon laquelle la philosophie est instruite par la science[13]. L'histoire des sciences est l'histoire d'un chemin qui a son but, chez Rey, dans la recherche de la vérité, donc dans le progrès et la négation des erreurs. Elle est la pensée critique en acte. Son enseignement doit dévoiler ces valeurs de vérité. L'histoire des sciences ne peut être une sorte d'« histoire historisante ». L'histoire historisante est désormais condamnée par la nouvelle histoire de Jacques Le Goff. Et, chez Rey, par une exigence d'intelligibilité philosophique. Et nous dirons enfin que « l'histoire des sciences concerne une activité axiologique, la recherche de la vérité » (Canguilhem, 1994, p. 19), comme l'affirmera Georges Canguilhem. Selon ce dernier, « c'est au niveau des questions, des méthodes, des concepts que l'activité scientifique apparaît comme telle » (Canguilhem, 1994, p. 19). Selon cette perspective, il faut donc convenir que « faire, au sens le plus opératif du terme, de l'histoire des sciences, est l'une des fonctions, non la plus aisée, de l'épistémologie philosophique » (Canguilhem, 1994, p. 23)[14]. L'histoire des sciences et son enseignement en conséquence ont indéniablement des buts théoriques et des

12. Sur la continuité des idées entre Rey et Bachelard, cf. Geymonat & Redondi, 1978.
13. À cet égard, il est significatif de voir qu'une profonde harmonie existe en outre entre Rey et le successeur (dès 1912) d'Einstein à Prague, en l'occurrence Philipp Frank, qui, avant 1912, a lu et relu, comme les autres jeunes néopositivistes, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*. Cf. Frank, 1949, Introduction.
14. Chez Abel Rey, l'histoire des sciences est fonction de la pensée critique et l'épistémologie a une vocation essentiellement métaphysique.

finalités morales. C'est que l'histoire des sciences implique non seulement l'évolution des méthodes, de l'intelligence critique, mais également l'évolution « de la conscience humaine », l'évolution de « l'humanité en général ». La philosophie impliquée par elle sera une philosophie des pouvoirs et des limites de l'intelligence humaine, donc une philosophie plus consciente d'elle-même et plus modeste. Alors, si un philosophe se demandera : « la philosophie est-elle autorisée à sortir d'elle-même ? ou à renoncer à elle-même ? », « oui », peut être la réponse, mais aussi « non », si la science elle-même est philosophie[15]. En effet, Rey, qui exalte la puissance de la pensée humaine, écrivait : « La théorie de la connaissance ne peut que sortir de son histoire » (Rey, 1927, p. 12). Et la philosophie est traditionnellement conçue essentiellement comme une théorie de la connaissance et une doctrine de l'être. Or, en effet, il s'agit de voir l'intelligibilité d'une évolution de la pensée critique, non seulement la réalité de l'expérimentation. La mise en lumière de cette intelligibilité sera très importante dans l'enseignement qu'il cherche à donner aux étudiants ; il s'agit en effet de développer la nécessaire conscience que cette évolution est l'évolution de l'intelligence humaine, ou bien l'évolution d'un étudiant — selon l'expression de Duhem — qui est l'humanité elle-même. Une grande signification, donc, est finalement renfermée dans ces paroles de Duhem, dont la pensée vante une valeur philosophique très haute dans le domaine de la connaissance scientifique : « Seule […] l'histoire de la science peut garder le physicien des folles ambitions du Dogmatisme comme des désespoirs du Pyrrhonisme » (Duhem, 1914/1997, p. 410). Cette expression dévoile l'essence et les finalités de l'enseignement de l'histoire des sciences. Ces finalités sont au fond d'ordre théorique, philosophique : il s'agit de chercher la vérité, d'avoir foi dans la vérité, et de savoir qu'elle n'est et ne sera jamais définitive. Et en effet, le physicien Pierre Duhem ne voit-il pas dans l'histoire de la physique la recherche de la vérité scientifique lorsqu'il défend, nonobstant son symbolisme, la thèse selon laquelle la théorie physique est le reflet d'un ordre ontologique, « qu'elle [la théorie physique] tend à être une classification naturelle » (Duhem, 1914/1997, p. 35) ?

Voir alors, dans l'enseignement de l'histoire des sciences, les erreurs, les hésitations, le caractère provisoire de nos représentations — et cela tout en défendant la vérité et en étant éloigné de toute rhétorique — est le principal. C'est un antidote contre le dogmatisme. Et avoir la foi dans la vérité est un antidote,

15. Dominique Parodi exprime un jugement sévère. Selon lui, dans la perspective positiviste de Rey, les droits de la philosophie sont très limités. Dans cette perspective, « on se résoudra, non pas seulement à ne pas savoir, mais à ne pas comprendre » (Parodi, 1920, p. 61).

en même temps, contre les dangers du pyrrhonisme. Il est toutefois certain que nous pouvons nier, en lisant les pages de Rey, l'opposition ou l'antithèse entre la pensée philosophique et la pensée scientifique.

Dans sa communication du 27 avril 1937 au Centre international de synthèse, Hélène Metzger, nièce de Lucien Lévy-Bruhl, engagée dans les études d'histoire de la chimie et de cristallographie, disparue à Auschwitz en 1944, disait explicitement qu'en parlant d'histoire des sciences, elle entendait l'histoire de la pensée scientifique et rien d'autre, une création de la pensée (Metzger, 1987, p. 80)[16]. Elle ne pouvait pas ne pas voir la même préoccupation dans l'œuvre de Rey. Donc, il s'agit, dans l'enseignement de l'histoire des sciences, de sauvegarder toujours une préoccupation philosophique, qui est propre, dans la tradition française, aussi à la doctrine idéaliste de Léon Brunschvicg et à la philosophie d'Émile Meyerson. Rey nie la réduction des sciences à des techniques pures : « Les sciences ne sont point, n'ont jamais été, même dans leurs plus humbles débuts, des techniques pures » (Rey, 1934, p. XVI). Pour cela, il peut écrire qu'il faut « contribuer à donner à l'enseignement des sciences, comme il lui est dû, comme il est nécessaire, sa part dans un véritable humanisme » (Rey, 1934, p. XIX). Alors, pour toutes les raisons déjà évoquées, il faudra parler d'histoire de l'esprit scientifique, ou bien d' « histoire de la raison humaine », parce qu'il s'agit de défendre un « humanisme ».

Bibliographie

Bordoni, S. (2017). Pierre Duhem 1891-1896 : dalla fisica teorica alla storia e filosofia della scienza. Dans M. Fortino (a cura di), *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1916-2016)* (prefazione di R. Maiocchi) (pp. 59-80). Rome : Aracne.

Boudot, M. (1967). Le rôle de l'histoire des sciences selon Duhem. *Les études philosophiques*, 22(4), 421-432.

Braunstein, J.F. (2006). Abel Rey et les débuts de l'Institut d'histoire des sciences et des techniques (1932-1940). Dans M. Bitbol, & J. Gayon (sous la direction de), *L'épistémologie française : 1830-1970* (pp. 173-192). Paris : Presses universitaires de France.

Braunstein, J.F. (édit. par). (2008). *L'histoire des sciences : méthodes, styles et controverses*. Paris : Vrin.

Brenner, A. (2003). *Les origines françaises de la philosophie des sciences*. Paris : Vrin.

Brenner, A. (2005a). L'enseignement de l'histoire des sciences en France sous la Troisième République. *Revue d'histoire des sciences*, 58(2), 305-310.

16. La communication a été publiée initialement dans la revue *Archeion* (1937, 19, pp. 204-216).

Brenner, A. (2005b). Réconcilier les sciences et les lettres : le rôle de l'histoire des sciences selon Paul Tannery, Gaston Milhaud et Abel Rey. *Revue d'histoire des sciences*, 58(2), 433-454.

Canguilhem, G. (1994). L'objet de l'histoire des sciences. Dans G. Canguilhem, *Études d'histoire et de philosophie des sciences* (pp. 9-23). Paris : Vrin.

Comte, A. (1968). *Cours de philosophie positive : Tome 1* (reproduction en fac-similé). Paris : Anthropos.

Duhem, P. (1910). Analyse de l'ouvrage de Henri Bouasse : « Cours de mécanique rationnelle et expérimentale ». *Bulletin des sciences mathématiques*, 34, 144-176.

Duhem, P. (1913). *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*. Bordeaux : Imprimeries Gounouilhou.

Duhem, P. (1992). *L'évolution de la mécanique, suivi de « Les théories de la chaleur », « Analyse de l'ouvrage de Ernst Mach : La mécanique »* (introduction et établissement du texte par A. Brenner ; avant-propos de P. Germain). Paris : Vrin.

Duhem, P. (1997). *La théorie physique : son objet et sa structure* (avant-propos, index et bibliographie par P. Brouzeng). Paris : Vrin.

Fortino, M. (1997). *Convenzione e razionalità scientifica in Henri Poincaré*. Soveria Mannelli : Rubbettino.

Fortino, M. (2005). *Essere, apparire e interpretare : saggio sul pensiero di Duhem (1861-1916)*. Milano : Franco Angeli.

Fortino, M. (2008). *Tra esperimento e ragione : storia dello spirito scientifico fra Ottocento e Novecento* (préface de A. Brenner). Roma : Aracne.

Fortino, M. (2016). L'armonia fra storia della scienza ed epistemologia nell'opera di Duhem. *Physis : rivista internazionale di storia della scienza*, 51(1-2), 501-513.

Frank, P. (1949). *Modern Science and Its Philosophy*. New York : Collier Books.

Geymonat, L., & Redondi, P. (1978). Prefazione. Dans G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico* (a cura di L. Geymonat e P. Redondi). Roma ; Bari : Laterza.

Locqueneux, R. (2005). L'intérêt de l'histoire de la physique pour la formation des physiciens selon Henri Bouasse. *Revue d'histoire des sciences*, 58(2), 407-431.

Metzger, H. (1987). *La méthode philosophique en histoire des sciences : textes 1914-1939* (édit. par G. Freudenthal). Paris : Fayard.

Metzger, H. (2002). *Il metodo filosofico nella storia delle scienze. Testi 1914-1939* (raccolti da G. Freudenthal; introduzione di M. Castellana; postfazione di A. Rossi) (tr. it. de Metzger, 1987). Paris : Fayard.

Parodi, D. (1920). *La philosophie contemporaine en France*. Paris : Alcan.

Paul, H.W. (1976). Scholarship and Ideology : the Chair of the General History of Science at the Collège de France, 1892-1913. *Isis*, 67(3), 376-397.

Petit, A. (2005). L'enseignement positiviste : auxiliaire ou obstacle pour l'histoire des sciences ?. *Revue d'histoire des sciences*, 58(2), 329-366.

Rey, A. (1907). *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*. Paris : Alcan.

Rey, A. (1909). Vers le positivisme absolu. *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 67, 461-479.

Rey, A. (1927). *Le retour éternel et la théorie de la physique*. Paris : Flammarion.

Rey, A. (1930). Histoire de la science ou histoire des sciences ? *Archeion*, 12, 1-4.
Rey, A. (1934). Avant-propos. *Thalès : recueil annuel des travaux de l'Institut d'histoire des sciences et des techniques de l'Université de Paris*, 1, XV-XIX.
Stoffel, J.F. (2002). *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem* (préface de J. Ladrière). Bruxelles : Académie royale de Belgique.
Tannery, P. (1904). De l'histoire générale des sciences. *Revue de synthèse historique*, 8, 1-16.



Pierre Duhem dans son cabinet de travail avec sa mère et sa fille (c. 1900).
Source : Archives du maire de Cabrespine (France).

Revue des Questions Scientifiques, 2019, 190 (1-2) : 99-150

Pierre Duhem considéré comme un philosophe du sens commun

Fábio Rodrigo Leite
Departamento de filosofia
Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas
Universidade de São Paulo
efferrelle@yahoo.com.br

Résumé. – L'objet primordial de cet article consiste à présenter une analyse du concept de sens commun et de son rôle dans la méthodologie scientifique de Pierre Duhem. Nous tenterons de distinguer quelques-uns de ses principaux sens afin de mettre en évidence la façon dont, dans l'un d'entre eux, le sens commun peut légitimement agir en tant que critère accidentel pour juger les théories physiques. Dans ce même sens, compris comme une base de notions, principes et aspirations justes et irrésistibles, dérivent deux de ses principes méthodologiques fondamentaux, à savoir, les principes d'unité inter-théorique et de classification naturelle, en produisant ce que nous dénommons réalisme méthodologique. C'est cette même notion de sens commun, réellement distincte de la notion de bon sens, apanage des scientifiques expérimentés, qu'il utilise dans sa critique envers la science allemande, principalement contre les théories de Wilhelm Ostwald, Albert Einstein et Bernhard Riemann. Nous soutiendrons, contrairement à ce que certains interprètes supposèrent, que de telles critiques n'entraînent aucune contradiction dans sa pensée. Ceci étant dit, nous soutenons que les publications duhémiennes de maturité, surtout *La science allemande*, bien que résultant du climat intellectuel belliqueux, doivent être élevées au même niveau d'importance que celui généralement attribué à *La théorie physique* Enfin, nous chercherons à mettre en exergue, bien que brièvement, et toujours sur base du concept de sens commun, certaines similitudes existant entre Duhem, quelques néothomistes qui lui étaient contemporains, particulièrement Réginald Garrigou-Lagrange et, également, Blaise Pascal, en pensant pouvoir montrer que les éléments qui les unissent font de l'auteur de *La théorie physique* et, peut-être même de chacun d'entre eux, un philosophe du sens commun.

Abstract. – The primary aim of this article is to present an analysis of the concept of common sense and of its role in Pierre Duhem's scientific methodology. We will attempt to define some of its key meanings in order to identify how, in one of them, common sense can legitimately act as an accidental criterion for assessing physical theories. Following the same line of thought, understood as a basis of just and irresistible concepts, principles and aspirations, two of its fundamental methodological principles are derived, namely, the prin-

ciples of inter-theoretical unity and natural classification, by producing what can be termed as methodological realism. It is this same notion of common sense, truly separate from the notion of good sense, the privilege of experienced scientists, which he uses in his criticism of German science, mainly regarding the theories of Wilhelm Ostwald, Albert Einstein and Bernhard Riemann. We will argue, contrary to what certain interpreters assumed, that such criticism does not lead to any contradiction in his thinking. This being said, we maintain that the mature Duhemian publications, especially *German science*, although stemming from a belligerent intellectual climate, must be raised to the same level of importance as that generally attributed to *The aim and structure of physical theory*. Finally, we will seek to highlight, albeit briefly, and still based on the concept of common sense, certain similarities existing between Duhem, various contemporary neo-Thomists, especially Réginald Garrigou-Lagrange, but also Blaise Pascal, in the hopes of showing that the elements uniting them make this author of theoretical physics, and perhaps even all of them, a common-sense philosopher.

Mots-clés. – Bon sens — Esprit de finesse — Pascal, Blaise — Réalisme méthodologique — Thomisme

Plan de l'article

1. Introduction

Nombreuses et contrastantes ont été les tentatives d'ancrer la philosophie de Pierre Duhem dans des *courants philosophiques* qui la précédèrent. La plus fréquente est celle qui le classifie comme un *péripatéticien* et, par extension, comme un *néothomiste*[1], alors que parmi les moins courantes nous trouvons

1. La récurrence de ces classifications ne nous permet d'indiquer que la plus autorisée d'entre elles : Jaki, 1991a, p. 23 ; pour des adjectivations similaires, cf. Leite, 2012, p. 303 ; pour

celles qui le définissent comme un *ockhamiste* (Oravas, 1980, p. XVI), un *nominaliste* (Rey, 1904, p. 742), un *newtonien* (Lalande, 1921/1944, pp. 150-151), un *kantien* (de Vorges, 1892, p. 655), un *kantien mitigé*[2], un *matérialiste dialectique* (Lénine, 1909/1967, p. 247), un *machien* (Lénine, 1909/1967, p. 248), un *symboliste* (Vicaire, 1893, p. 472), un *pragmatiste* (Devaille, 1911, p. 317) ou enfin un *pascalien* (Picard, 1921, p. CXXXVII ; Martin, 1991, p. 60 ; Stoffel, 2002, pp. 342-345 ; 2007 ; 2017, p. 156), pour ne rien dire des micro-classifications au sein de la *philosophie de la science*, telles qu'instrumentaliste, conventionnaliste, positiviste, antipositiviste, réaliste, sur lesquelles retombe la majorité des classifications contemporaines. Le lien de la pensée duhémienne à Aristote a régné souverainement jusqu'à l'émergence, dans les années 1980, des commentaires de grande envergure, lorsque les interprétations pascaliennes commencèrent à gagner de la pertinence. Au moyen de notre analyse du concept de sens commun, nous pensons pouvoir resserrer, une fois de plus, la relation entre Duhem et Pascal, à la satisfaction de Martin et Stoffel, mais, en contraste, *nos recherches indiquent une autre perspective* : son estime du sens commun rapproche également notre auteur de la philosophie néothomiste, de laquelle ces interprètes l'éloignent. Nous ne prétendons pas, pour autant, l'insérer parmi les néothomistes, mais seulement souligner qu'entre Pascal, le thomisme et Duhem existent des éléments sous-jacents partagés, dont l'intersection forme ce que nous pourrions nommer une *philosophie du sens commun*. J'insiste sur le fait que, en général et pour l'essentiel, la question concernant le lien pascalien ou thomiste de Duhem devient subséquente et difficile à résoudre. Si l'on accepte que, selon Stoffel (2002, p. 269), il faut lire Duhem rétrospectivement, étant donné l'importance croissante que les concepts de bon sens et de sens commun assument dans l'œuvre de maturité de notre auteur, nous initions notre exposé par le jugement critique fait par Maiocchi à propos de cette phase de maturité et, particulièrement, de *La science allemande* (1915).

La science allemande est reconnue comme étant l'une des œuvres les plus controversées de Duhem. Écrite dans les mois suivants l'éclosion de la Grande Guerre, dans le contexte de la célèbre « guerre des manifestes » ou « de l'esprit » engagée avant tout entre intellectuels français et allemands (Rasmussen, 2004 ; Dmitriev, 2002/2004), ce petit livre attire l'attention par son *style éloquent*, sa *préoccupation didactique* et son *nationalisme explicite*. L'occasion contribua à ce que sa réception soit la meilleure possible dans le cadre univer-

des qualifications plus génériques, cf. Stoffel, 2002, pp. 17-18.

2. Cf. les lettres de Jean Séguier à Pierre Duhem du 09/04/1895 et du 03/05/1895 *apud* Stoffel, 2002, p. 320, n. 4.

sitaire français, en atteignant même le grand public. Classifiée, et ce n'est pas par hasard, comme « littérature de guerre » (cf. Stoffel, 2002, pp. 253-260), il devient impossible de nier le caractère opportuniste de l'œuvre : les quatre leçons constitutives de *La science allemande* furent administrées à un groupe d'étudiants catholiques de l'Université de Bordeaux qui se préparait à partir au *front*. Des aspects externes tels que ceux-ci, associés à des questions d'ordre interne que nous examinerons sous peu, ont conduit Maiocchi à défendre la thèse de l'existence d'une *contradiction* entre la méthodologie antérieure, exposée dans *La théorie physique* (1906), et la « malheureuse » méthodologie postérieure, résultant du climat belliqueux, exposée dans *La science allemande*. À première vue, la thèse de l'interprète italien semble convaincante ; après tout, si auparavant, Duhem avait nettement fait la distinction entre les domaines de la connaissance vulgaire, provenant du *sens commun*, et de la physique théorique, réservée au *bon sens* des spécialistes (cf. Duhem, 1906, pp. 257-267 et pp. 291-293), comment pourrait-il soutenir ses critiques envers les théories de type allemand en 1915, en exploitant l'absence de ce *même* sens commun dans les théories de ses voisins géographiques ? En d'autres mots, le philosophe ne serait-il pas en train de trahir la distinction élaborée antérieurement entre les « lois du sens commun » et les lois abstraites, symboliques et conventionnelles de la physique mathématique, en élevant maintenant la connaissance vulgaire au niveau de critère méthodologique pour le choix des théories ? C'est une erreur, nous dit Maiocchi (1985, p. 230), « de soutenir que pour Duhem le choix des théories dépend du sens commun ». De fait, continue le commentateur, toute la confusion serait résolue si l'on assumait l'hypothèse de l'existence d'un « dérapage terminologique », peut-être inconscient, opéré dans *La science allemande*. Comme notre auteur a autrefois défendu que le *bon sens* était l'apanage des scientifiques expérimentés, développé avec la pratique constante de la science, la cohérence l'aurait obligé à écrire « bon sens » au lieu de « sens commun », car c'est seulement au nom du bon sens que les critiques envers la science allemande pourraient être justifiées[3].

3. « La source de la confusion fréquemment opérée entre "bon sens" et "sens commun" est un écrit de Duhem, son écrit le plus malheureux, *La science allemande*. [...] ce petit livre se ressent très lourdement du climat belliqueux, des exigences de la rhétorique et d'un patriotisme exalté » (Maiocchi, 1985, p. 232. Nous traduisons). Et plus loin : « Nous ne pouvons prendre de concert les considérations de Duhem sur le sens commun de *La science allemande* avec l'épistémologie de *La théorie* [*physique*], car l'épistémologie de la première est radicalement différente de celle de la seconde. *La science allemande* était probablement destinée à être une malheureuse parenthèse dans le parcours duhémien » (Maiocchi, 1985, p. 234. Nous traduisons). Deux décennies plus tard, Maiocchi (2004, p. 511) réitéra son interprétation, en insistant sur le fait que *La science allemande* « est le

Des années plus tard, Stoffel tenta de fournir une réponse aux accusations de Maiocchi, en revalorisant *La science allemande* en tant qu'œuvre consistante par rapport aux publications antérieures. Son argumentation consista à montrer que la thématique nationaliste était présente depuis les essais duhémiens de jeunesse. En particulier, dans l'article *L'école anglaise et les théories physiques* (1893), lorsque l'auteur distinguait les caractéristiques des physiques anglaise et française, un passage présageait la scission, explorée plus tard, entre Français et Allemands[4]. La réponse de Stoffel nous semble insuffisante, car elle n'aborde pas le problème fondamental soulevé par Maiocchi, concernant la question des critères légitimes pour le choix des hypothèses.

Des problèmes réels pour l'Italien, non mentionnés par Stoffel, surviennent quand nous nous penchons sur la lettre adressée par Duhem à Joseph Récamier :

> « J'ai cru de mon devoir de savant comme de mon devoir de chrétien de me faire sans cesse l'*apôtre du sens commun*, seul *fondement de toute certitude scientifique, philosophique, religieuse*. Mon Livre sur la théorie physique n'avait pas d'autre objet que de mettre en évidence la vérité scientifique de cette thèse. »

Et encore :

> « À force de réfléchir à ces difficultés, je me suis aperçu qu'on en pouvait dire autant de *toutes les sciences*, de celles qu'on regarde comme les plus rigoureuses, la Physique, la Mécanique, voire la Géométrie. Les fondations de chacun de ces édifices sont formées de *notions que l'on a la prétention de comprendre, bien qu'on ne puisse les définir, de principes dont on se tient pour assuré, bien qu'on n'en ait aucune démonstration*. Ces notions, ces principes, sont formés par le *bon sens*. Sans cette *base du bon sens*, nullement scientifique, aucune science ne pourrait tenir ; *toute sa solidité vient de là*. [*] Quoi

plus médiocre de tous les écrits de Duhem ; [...] que cet écrit est d'un niveau bien inférieur aux précédentes productions duhémiennes ; [...] que ce texte est en contradiction avec ce que Duhem avait écrit antérieurement ». Un jugement critique moins sévère a été fait par Gillies : « Certes, ce livret [*La science allemande*] a été écrit à une époque durant laquelle les sentiments nationalistes amers étaient générés par la Première Guerre mondiale. En vérité, il appartient à un genre connu comme "littérature de guerre" et est, de fait, un exemple relativement léger de cette espèce malheureuse d'écriture » (Gillies, 1993, p. 105. Nous traduisons).

4. Le voici : « Tandis que le physicien français et *surtout* le physicien allemand, lorsqu'ils ont découvert une loi nouvelle, aiment à la relier aux principes admis, à montrer qu'elle... » (Duhem, 1893b, p. 370. Nous soulignons. Cf. Stoffel, 2002, p. 266, n. 199).

d'étonnant, dès lors, s'il en est de même des notions premières, des premiers principes de la philosophie et de la foi ? [**] Si je ne puis définir ces notions, qui me paraissent cependant claires : corps, âme, Dieu, mort, vie, bien, mal, liberté, devoir... ? Si je ne puis démontrer ces jugements, qui me semblent cependant assurés : Le corps ne peut penser. Le monde n'a pas en lui-même une raison d'être de son existence. Je dois [faire] le bien et éviter le mal, je mérite d'être récompensé dans le premier cas et puni dans le second ? *Nos sciences les plus certaines ne reposent pas sur des fondements d'autre nature que ceux-là.* »[5]

À première vue, le premier paragraphe semble affaiblir la position de Maiocchi, puisqu'il y est affirmé que *La théorie physique* représenterait, de manière surprenante, une défense du *sens commun*. La vigueur de cette réorientation interprétative dépend, de son côté, de la *confiance* que la lettre doit recevoir, principalement parce qu'elle semble être en conflit avec le contenu du livre. Cette confiance a été remise en question par Stoffel, qui a soulevé la suspicion d'une erreur de retranscription dans la lettre, en proposant que *La théorie physique* soit lue comme une défense du *bon sens*. Sans s'en rendre compte, Stoffel se rapproche beaucoup plus de la position de Maiocchi qu'il le suppose lui-même[6]. Le « dérapage terminologique » que l'Italien attribuera

5. Nous soulignons. Hélène Pierre-Duhem affirme que la lettre, non datée, était destinée à Récamier et s'est perdue après l'avoir reçue en prêt du destinataire (Pierre-Duhem, 1936, p. 156). Pire : jamais nous n'avons trouvé une transcription intégrale de cette missive. Ainsi, nous nous sommes vus obligés de comparer des versions partielles disséminées entre les auteurs plus anciens. Nous en concluons que son écriture doit être postérieure à 1906, année de publication de *La théorie physique*. Toute information supplémentaire sur sa composition s'avère hypothétique. Pour notre part, nous croyons qu'elle peut avoir été écrite durant les dernières années de la vie de Duhem, à partir de 1914, quand la thématique du bon sens et du sens commun reçoit une attention renouvelée. Nous utilisons trois sources pour notre transcription : Picard, 1921, pp. CXXXVII-CXXXVIII ; Jordan, 1917, pp. 31-32 ; Pierre-Duhem, 1936, p. 156. Le signe « [*] » indique la fin de la partie transcrite par Picard et le début de l'extrait transcrit à partir de Jordan ; le signe « [**] » marque le point à partir duquel nous trouvons des similarités entre les copies de Jordan et d'Hélène. La première synthèse des parties citées par Jordan et Picard a été faite par Mentré (1922a, pp. 457-458).

6. « Ce texte [la lettre] fondamental pose d'emblée un problème terminologique qui, si nous disposions du texte original, s'avérerait peut-être n'être qu'un problème de retranscription : dans le premier extrait cité, Duhem se réfère au "sens commun", alors que dans le second, il évoque le "bon sens". Le contexte étant identique — le fondement de toute certitude —, il y a là un problème de cohérence [...]. Or ce problème est d'importance : avant de qualifier Duhem d'apôtre du "sens commun", il faudrait s'assurer que c'est cette lecture-là qui est la bonne et non l'autre qui ferait de lui l'apôtre du "bon sens" ! » (Stoffel, 2002, p. 80).

à *La science allemande* est décrit comme un « problème terminologique » ou un « problème de retranscription » que le Belge identifie dans la carte à Récamier. Contre Maiocchi, Stoffel argumente — *comme nous* — en faveur de l'intégration de *La science allemande* dans la continuité de l'œuvre duhémienne, et reconnait l'importance que les concepts de bon sens et de sens commun occupent dans la méthodologie duhémienne de maturité (cf. Stoffel, 2002, p. 269), mais, comme lui — et *contre nous* —, il n'est pas disposé à considérer Duhem comme un défenseur du sens commun ; tous deux nient dès le départ toute possibilité d'identification entre les concepts de sens commun et de bon sens, car quand ils sont identifiés, indiquent les interprètes, le résultat serait l'incohérence[7]. Le problème de Maiocchi (et maintenant aussi de Stoffel) reste sans solution. Que Duhem puisse être considéré comme un *philosophe du sens commun* sans préjudice pour la cohérence de sa pensée est ce que nous espérons prouver dans les pages suivantes.

2. Sur les concepts de bon sens et de sens commun dans *La théorie physique*

2.1. Le bon sens théorique des spécialistes

Une des thèses qui ont le plus contribué à l'influence de l'épistémologie duhémienne consiste en l'affirmation selon laquelle, dans la physique mathématique, aucun résultat expérimental ne peut être commodément interprété sans la connaissance d'autres théories ou hypothèses accessoires qui aidèrent le théoricien à concevoir l'expérience elle-même. Toute expérience est réalisée à la lumière de théories nécessaires à sa conduite correcte. Fréquemment, ajoute Duhem, la quantité d'hypothèses accessoires assumées dans la réalisation du

7. Mentré (1922a, p. 458, n. 1) a été le premier à indiquer la relation de synonymie que les concepts de bon sens et de sens commun exhibent dans la lettre, même si, déclare-t-il, cela ne se produit pas toujours dans les autres écrits de son compatriote. Récemment, dans son édition électronique de *La théorie physique*, Sophie Roux (Duhem, 2016, p. 116, n. 68) se risque à écrire : la lettre « montre également qu'il ne faut pas durcir la distinction entre le sens commun [...] et le bon sens [...], puisque les deux termes y sont employés comme des synonymes ». Toutefois, l'éditrice ne détaille pas comment la distinction pourrait être atténuée, ni ne pressent la problématique discutée par Maiocchi et Stoffel. En proposant de circonscrire de tels concepts, nous évitons d'effacer la distinction entre eux. Nous continuerons à les différencier, lorsque cela s'avérera nécessaire, ou à les traiter indistinctement, le cas échéant, en acceptant chacune de ces deux possibilités, car nous croyons que l'identification se produit dans des cas spécifiques.

test est innombrable, de sorte qu'en cas de réfutation, face à l'innombrabilité initiale, la logique se montre incapable de déterminer quelle est (ou quelles sont) l'hypothèse responsable de la déviation constatée, ce qui empêche, par conséquent, l'abandon ou la modification immédiats de celle-ci (cf. Duhem, 1894, pp. 187-193 ; 1906, pp. 301-308). Étant donné la limitation du pouvoir décisionnaire de l'analyse logique, le fardeau du choix est transféré à une faculté de nature distincte :

> « [...] la pure logique n'est point la seule règle de nos jugements ; certaines opinions, qui ne tombent point sous le coup du principe de contradiction, sont, toutefois, parfaitement déraisonnables ; ces motifs qui ne découlent pas de la logique et qui, cependant, dirigent notre choix, ces "raisons que la raison ne connaît pas", qui parlent à l'esprit de finesse et non à l'esprit géométrique, constituent ce qu'on appelle proprement le *bon sens*. » (Duhem, 1906, p. 357).

Si le choix de l'hypothèse devant être abandonnée *ne* peut être résolu au moyen de critères strictement logiques, le scientifique doit faire appel à une autre qualité en ce qui concerne ses options — le *bon sens* (cf. Duhem, 1906, pp. 356-359). Duhem rapproche le bon sens d'une espèce d'intuition caractéristique de l'esprit de finesse pascalien, opposé à la pure déduction, associée, elle, à l'esprit de géométrie : « Or l'esprit de finesse, ici comme partout ailleurs, s'aiguise par une longue pratique » (Duhem, 1905, p. 136). C'est *son* bon sens *personnel* qui, cultivé peu à peu, orientera *ses* choix vers un ensemble plus étroit d'hypothèses cibles, en préservant sa *confiance* dans les autres. Toute option implique un pari, un *acte de foi*, dont le degré d'efficacité indique le degré de bon sens. Le spectre d'application du bon sens est très général et se situe dans la nuance entre le noir et le blanc logiques, car la logique n'imposerait que très peu de restrictions au choix des hypothèses, en exigeant seulement que : [i] les hypothèses ne soient pas autocontradictoires ; [ii] qu'elles ne se contredisent pas au sein d'une même théorie ; et [iii] que les conséquences qui en sont déduites représentent approximativement l'ensemble des lois expérimentales (cf. Duhem, 1906, p. 363). Une fois ces conditions élémentaires remplies, il reste une liberté quasi absolue au physicien, et tout le reste tombe sous la compétence de son bon sens. Il ne nous est pas difficile de voir que Duhem réduit drastiquement l'espace de la raison déductive, en remettant en question sa pertinence épistémologique en dehors de cet espace. En résumé, le bon sens désigne un type de *perspicacité sculptée graduellement avec l'exercice de la science*. Plus la décision à prendre est complexe, plus grande est la finesse requise pour la solution adéquate. *Inégal* entre les théoriciens, le bon sens variera en fonction de sa pratique et de sa capacité à apprendre avec elle. Avec ce mûrissement

que requièrent les décisions concernant le bon sens, le professeur de Bordeaux parvient à expliquer les « longues querelles » scientifiques sans les caractériser comme illogiques (cf. Duhem, 1906, p. 357), à partir du moment où le bon sens se voit subsumé dans une instance de *rationalité émergente*[8]. Un des corollaires de cette conception est que la reconnaissance générale de la partie qui, dans une dispute, était accompagnée de bon sens est toujours faite rétrospectivement, *après* l'intensification du débat, quand les opinions spécialisées en viennent à converger et à former un consensus. Raison pour laquelle la tradition est l'expression d'une certaine rationalité.

2.2. Le sens commun préthéorique

Dans la mesure où l'aptitude qui permet la prise de décisions adéquates dans le *domaine des théories* est le bon sens, dans le *domaine de l'observation naturelle*, étrangère à l'application d'instruments scientifiques, c'est le *sens commun* qui domine. Dans ce cas, *n'importe quel* homme qui observe patiemment le cours des choses obtiendra, par *induction*, des *lois universelles* dont la *vérité* serait, dès le départ, assurée (Duhem, 1894, p. 220). Une loi de sens commun reconnue comme vraie le sera « dans tous les temps et sans exception » (Duhem, 1894, p. 226). De telles lois, c'est Duhem qui l'affirme, sont *absolues*, c'est-à-dire que leur valeur de vérité ne peut être relativisée dans le temps ou dans l'espace. Leur certitude résulte de la grande généralité, de l'énorme simplicité et de la sérieuse précision que revêtent leurs expressions. Les lois typiques du sens commun sont, donc, *inconditionnées* et *illimitées* (Duhem, 1894, pp. 213-216)[9]. La vérité des lois du sens commun, exprimées en *langage naturel*, « courant » (Duhem, 1906, p. 267), provient de leur caractère immédiat, qui nous dispense d'une recherche détaillée. Il n'est pas nécessaire d'être physicien pour reconnaitre la vérité des lois suivantes : « Tout homme est mortel » et « Avant d'entendre

8. Dans une théorie de la méthode comme celle de Duhem qui est l'inverse des décisions de type algorithmique, la notion de bon sens acquiert un rôle névralgique lorsqu'il s'agit du choix des hypothèses. Nous élaborons une liste des fonctions que Duhem lui attribue chez Leite, 2007, pp. 92-93.

9. Les lois du sens commun sont, pour Duhem, formées inductivement. La célèbre critique faite par le Français envers l'induction se distingue de la critique de Hume à la *causalité* et, de la même manière, de la critique logique de Popper vis-à-vis de l'*induction*. L'appréciation duhémienne se limite à la *sphère des théories physiques*, lesquelles seraient formulées de manière conventionnelle (étant donné la reconnaissance de la thèse de la sous-détermination) à partir des observations, tandis que *la critique poppérienne atteindrait également les lois de sens commun (au sens duhémien).* Pour Duhem, la méthode inductive reste valable dans le cadre préthéorique.

le tonnerre, on voit briller l'éclair » (Duhem, 1894, p. 213 ; 1906, p. 270), ou la fausseté de la proposition : « La Lune est toujours pleine » (Duhem, 1894, p. 216). Dans ces cas, il n'y a pas, ou du moins il ne devrait pas y avoir, de conflit interprétatif : la vérification de la vérité ou de la fausseté de tels jugements est quelque chose de facile, de sorte que tous, avec peu d'effort, entreront en accord sur leur valeur de vérité (Duhem, 1894, p. 226). Les termes que les lois du sens commun conjuguent sont des abstractions formées instinctivement et de manière irréfléchie, et trouvent toujours un référentiel dans la réalité concrète — comme un homme, un éclair ou un coup de tonnerre bien particuliers —, puisqu'ils sont le résultat de l'extraction de « ce qu'il y a de général dans les objets concrets soumis à nos sens » (Duhem, 1906, p. 272 ; 1894, p. 213). Inversement, certains postulats de la théorie physique, tels que le principe de conservation de l'énergie, ne peuvent pas être vérifiés directement. Il est impossible, par exemple, de trouver dans la nature des corrélats pour « système isolé » (Duhem, 1903, p. 222) ou pour « espace absolu » (Duhem, 1909). Du point de vue strictement empirique, ces énoncés n'ont pas de sens et exigent de ce fait des conventions et des instruments adéquats pour se connecter avec l'expérience. Même des notions courantes telles que « masse », « température » et « pression » ont, pour le physicien, un sens différent de celui que leur confère l'homme du commun, en étant inintelligibles pour celui qui ne connaît pas les procédures nécessaires à leur composition (Duhem, 1894, p. 214).

2.3. La connaissance commune renouvelable

Mais au-delà des lois du sens commun, qui, étant donné leur généralité, ne peuvent en aucun cas servir de base à l'édification des théories, il existe l'apprentissage commun, qui s'ajoute à celles-ci pour former la *connaissance commune*, partagée par des populations déterminées géographiquement et historiquement. Il s'agit du savoir acquis par les hommes à travers le *commerce culturel* :

> « Le fond du sens commun n'est pas un trésor enfoui dans le sol, auquel nulle pièce ne vient plus s'ajouter ; c'est le capital d'une société immense et prodigieusement active, formée par l'union des intelligences humaines ; de siècle en siècle, ce capital se transforme et s'accroît ; à ces transformations, à cet accroissement de richesse, la science théorique contribue pour sa très grande part. » (Duhem, 1906, pp. 429-430).

Il y aurait, insiste le Français, une diffusion du savoir théorique, médié par la conversation, par l'enseignement, par les livres et les journaux, qui contribuerait à l'enrichissement et au renouvellement de la connaissance disséminée

parmi les hommes dotés de culture intellectuelle. Contrairement aux vraies lois du sens commun, les propositions constitutives de la connaissance commune peuvent évoluer parce qu'elles se mélangent à quelque chose qui n'est pas soutenu par l'observation directe et, en tant que telles, elles se rapprochent de l'opinion moyenne partagée dans un lieu et à une époque spécifiques. La connaissance commune absorbe, à sa manière, les résultats scientifiques et les traduit dans son propre langage, en transformant fréquemment par inadvertance les hypothèses en dogmes. Dans un premier temps, le physicien *crée* une relation symbolique régie par des définitions et des calculs précis sans lien direct avec l'expérience ; ensuite, cette relation se trouve assimilée par le langage vulgaire et devient une partie du discours profane. C'est ainsi que le principe de l'*augmentation de l'entropie* devient le principe de la *dissipation de l'énergie*, au sein duquel le terme obscur « entropie » a été éliminé, rendant l'énoncé moins trompeur. Bien que ce processus de traduction resserre la communication entre l'homme ordinaire et le physicien de formation, il dissimule, poursuit Duhem, la disparité existant entre les langages théorique et vulgaire, vu que le sens que le terme « énergie » acquiert dans l'un est très différent de celui assumé dans l'autre. Toute analogie entre eux tend à être purement superficielle. L'oubli de cette différence peut conduire le physicien à présupposer comme fondamental ce qui, en réalité, n'est que dérivé, en lui faisant croire que ses propositions peuvent être directement extraites des propositions du sens commun[10]. Le physicien reprendrait du fond de la connaissance commune quelque chose que la science y avait déposé, provoquant ainsi un *cercle vicieux*. Comme Duhem transforme cet exemple en règle générale, il s'ensuit que « les hypothèses ne peuvent être déduites d'axiomes fournis par la connaissance commune » (Duhem, 1906, p. 427).

Nous venons d'observer que la modification des hypothèses théoriques acceptées à une époque entraîne une altération du savoir commun, dans la mesure où celui-ci est influencé par l'état de la science qui lui est contemporain. Mais il y a chez Duhem un souci constant de restreindre ses thèses épistémologiques à la théorie physique, en préservant l'*objectivité du savoir préthéorique* (cf. Leite, 2016). Rappelons-nous qu'il limite l'imprégnation théorique à l'expérience contrôlée de la physique, en gardant intactes non seulement l'observation brute, mais encore les lois qui en sont *exclusivement* dérivées. En accordant la vérité aux lois du sens commun, en les conditionnant à la grande généralité,

10. Ce sens, pour ainsi dire *sociologique*, du sens commun est très actuel. Son unique apparition dans l'œuvre duhémienne s'opère dans la section V de l'ultime chapitre de *La théorie physique*.

Duhem échappe à une critique large et conséquente de l'induction. Donc, le *renouvellement du sens commun n'est pas total*. Les hypothèses, essentiellement provisoires, ne projettent pas leur caractère intrinsèquement éphémère sur ces lois, de sorte que celles-ci sauvegardent leur fixité. Gardeil (1910, pp. 26-27) souligne avec raison que « l'influence des hypothèses scientifiques ne faisait pas régression jusqu'aux données brutes de l'expérience et du sens commun ; que celles-ci demeuraient inentamées ». Même si Duhem affirme que le sens commun peut être le siège de « fausses évidences », il s'empresse d'ajouter :

> « Ce n'est pas que les enseignements du sens commun ne soient très vrais et très certains [...]. Nous l'avons dit à plusieurs reprises : *Ces certitudes et ces vérités du sens commun sont, en dernière analyse, la source d'où découlent toute vérité et toute certitude scientifique*. Mais, nous l'avons dit aussi, les observations du sens commun sont d'autant plus certaines qu'elles détaillent moins, qu'elles se piquent moins de précision [...]. » (Duhem, 1906, pp. 435-436. Nous soulignons).[11]

Les observations constatées par la perception directe et naturelle et les lois du sens commun forment un *noyau dur* qui, malgré son caractère générique, confus et complexe, reste intact.

Donc, en admettant cette distinction entre le domaine du sens commun, auquel s'ajoute le savoir commun, et le bon sens de *La théorie physique*, Maiocchi défend, à raison, que le sens commun et/ou la connaissance commune ne doi(ven)t pas agir comme critère(s) pour le choix des hypothèses (conception qui ne sera jamais modifiée par Duhem). Seul le bon sens pourrait exercer légitimement une telle tâche. Cependant, ce dont il ne s'est pas rendu compte, c'est que, dans *La science allemande* (il en va de même pour la lettre citée plus haut de Duhem à Récamier et pour *Quelques réflexions sur la science allemande*), chaque fois que notre auteur critique les théories germaniques, il le fait en s'appuyant sur *un autre concept de sens commun*, bien qu'une terminologie identique dissimule la divergence. Les vérités désignées par le « nouveau » sens commun ont une nature *intellectuelle* en étant évidentes et immédiates pour la raison. Elles composeraient, si l'on veut, les notions et principes primitifs de la nature humaine et, en ce sens, structureraient la connaissance possible et fonderaient l'ensemble du discours. Qui plus est, lorsque Duhem fait référence à ces vérités, il les nomme indifféremment comme provenant du sens

11. Il convient de comparer le passage mis en exergue à celui issu de la lettre à Récamier : « *Nos sciences les plus certaines ne reposent pas sur des fondements d'autre nature que ceux-là* ».

commun et/ou du (simple) bon sens, ce qui tend à confondre les lecteurs qui restent attachés au modèle antérieur de *La théorie physique*. Voyons cela plus en détail.

3. La méthodologie duhémienne du sens commun : le principe d'unité interthéorique

Tout au long des textes duhémiens, le terme « logique » comporte au moins deux sens. L'un d'eux s'identifie à l'*analyse formelle des théories*, à l'examen qui révèle *ce qu'elles sont* et, en tant que tel, il est non seulement *descriptif*, mais aussi *permissif*, car, comme nous l'avons déjà mentionné, les exigences proprement logiques sont minimales lors de l'élaboration de la théorie physique. Celle-ci sera alors définie comme une construction composée de grandeurs et d'hypothèses résultant d'un « libre décret » (Duhem, 1905, p. 60) de l'esprit, formulées dans le langage abstrait des mathématiques, dont l'objectif est de fournir le tableau synoptique d'un ensemble de lois expérimentales permettant de prévoir les phénomènes (Duhem, 1892a, pp. 139-148). Tant que cet objectif est garanti, le physicien peut faire appel à des hypothèses qui visent aussi bien à expliquer les phénomènes par leurs causes qu'à les représenter phénoménologiquement ; il peut également ériger diverses théories incompatibles pour rendre compte du même ensemble de lois expérimentales. La logique qui révèle la *sous-détermination* des théories par les données — en mettant en évidence que, contrairement aux lois du sens commun, les hypothèses sont des conventions non induites de l'expérience — est la même qui reste muette face à l'instauration du *pluralisme théorique*. Rien, du point de vue de la logique pure, ne contraint le physicien à la recherche d'une théorie unitaire de l'amplitude descriptive maximale.

L'autre sens du terme « logique », moins précis, bien que plus important, renvoie à ce que Duhem (1908a, p. 15 ; 1916, p. 150) dénomme la « logique supérieure », laquelle consiste avant tout en des « pressentiments inanalysables » (Duhem, 1905, p. 148), de « raisons que la raison ne connaît pas ». Elle est *directive* et *restrictive*, car s'y impose au théoricien la stipulation de ce que la théorie *doit être*. Parmi ces pressentiments, nous trouvons celui de l'*unité interthéorique* :

> « Il est meilleur, il est plus parfait, de coordonner un ensemble de lois expérimentales au moyen d'une théorie unique, dont toutes les parties, logiquement enchaînées, découlent dans un ordre irréprochable d'un certain nombre d'hypothèses fondamentales posées

> une fois pour toutes, que d'invoquer, pour classer ces mêmes lois, un grand nombre de théories inconciliables reposant les unes sur certaines hypothèses, les autres sur d'autres hypothèses contredisant les précédentes. » (Duhem, 1893b, p. 367).

L'axiologie duhémienne[12] oriente la composition d'une « méthode plus parfaite », destinée à mettre fin au pluralisme théorique et à conduire la science à sa « parfaite unité » (Duhem 1906, p. 165). Trouvant son origine dans un sentiment naturel doté d'une force invincible, cette méthode est capable de générer une conviction intense, bien que généralement confuse, à laquelle est concédée l'absence de preuves ou de garanties qui ne proviennent pas d'elle-même. La reconnaissance du pouvoir que le principe méthodologique de l'unité interthéorique a sur *tous* les hommes demanderait, insiste Duhem, une prise de conscience, un examen réflexif qui expose les principes « clairs et évidents » qui *guident leur raison*, en mettant en lumière cette « vérité que tout le monde admet sans qu'il soit besoin de la commenter » (Duhem, 1893b, p. 368).

Le désir d'unité constaté dans *L'école anglaise et les théories physiques* voit son origine révélée une décennie plus tard, lors de la définition de l'*objet* de la théorie physique, dans la dernière section de la première partie de *La théorie physique* : il s'agit d'un « sentiment inné » qui, s'il ne peut pas être justifié, ne peut pas non plus être évité. En étant inné, il est *universel* : « Tout physicien aspire naturellement à l'unité de la science » (Duhem, 1906, p. 164). Ce n'est pas par hasard que la pire des accusations que l'on puisse faire à un rival est celle qui lui reproche le défaut de l'illogisme. Même les physiciens négligents par rapport à la cohérence logique partageraient ce sentiment, et s'ils construisent leurs théories sur la base de contradictions flagrantes, c'est, affirme Duhem, dans l'espoir de surmonter celles-ci. Une telle explication lui permet, d'une part, d'estimer l'acceptation des contradictions comme une *mode* irrationnelle et passagère (Duhem, 1917, p. 133, p. 150 et p. 157) et, d'autre part, de sauvegarder l'idée de l'unification théorique en concomitance avec la négation de l'idée selon laquelle les théories sont des explications métaphysiques de la réalité matérielle. Après tout, le renoncement à la recherche de la cause ultime des

12. Nous comprenons par axiologie l'ensemble de jugements de valeur acceptés comme suprêmes et qui possèdent en eux-mêmes leur justification, en servant de ce fait à guider les valeurs et les règles qui en dérivent. Éventuellement, de telles valeurs peuvent dicter des règles méthodologiques explicites. Dans le cas qui nous concerne, celui de la présomption selon laquelle « il est meilleur, il est plus parfait, de coordonner un ensemble de lois expérimentales au moyen d'une théorie unique » (Duhem, 1893b, p. 367), en découle la norme selon laquelle les théories doivent être logiquement enchaînées et, par conséquent, la critique de l'école anglaise.

phénomènes légitimerait la construction de théories disparates, dans la mesure où elles seraient dispensées de correspondre à l'ordre essentiel du monde extérieur. Mais si l'aspiration à l'unité interthéorique est universelle, elle finit par être naturellement assimilée par la méthodologie et rend superflue la recherche d'une théorie de type métaphysique pour garantir cette unité. *Ce n'est pas un objectif éminemment métaphysique qui garantira la réalisation de l'unité interthéorique, mais un sentiment naturel.* Celui-ci sera, en même temps, interne au sujet et externe à la science, en la précédant. Ainsi, le problème du relativisme n'est pas replacé. Avec une terminologie à d'autres moments religieuse, Duhem considère que si le relativisme théorique ne peut être éliminé par l'analyse logique, il serait sûrement « excommunié » par le sens commun :

> « [...] la Science serait impuissante à établir la légitimité des principes mêmes qui tracent ses méthodes et dirigent ses recherches, si elle ne recourait au *sens commun*. Au fond de nos doctrines les plus clairement énoncées, les plus rigoureusement déduites, nous retrouvons toujours cet ensemble confus de tendances, d'aspirations, d'intuitions ; aucune analyse n'est assez pénétrante pour les séparer les unes des autres, pour les décomposer en éléments plus simples ; aucun langage n'est assez précis et assez souple pour les définir et les formuler ; et cependant, les vérités que ce sens commun nous révèle sont si claires et si certaines que nous ne pouvons ni les méconnaître, ni les révoquer en doute ; bien plus, toute clarté et toute certitude scientifiques sont un reflet de leur clarté et un prolongement de leur certitude. » (Duhem, 1906, pp. 166-167).

Comme dans la lettre à Récamier, Duhem attribue le fondement de toute certitude au sens commun, même si celui-ci ne se prête pas à une analyse logique totalement éclairante. Il existe deux principes de la méthodologie duhémienne qui se trouvent alimentés par le sens commun, à savoir celui de la *cohérence interthéorique*, fréquemment utilisé pour critiquer les illogismes présents dans la physique anglaise, et celui de la *classification naturelle*, qui oriente la recherche physique dans la direction de classifications, chaque fois moins artificielles, qui correspondent à la structure et à l'ontologie du monde matériel[13]. Ces intuitions ou principes sont des « compagnons inséparables », puisque, à moins d'accepter que la réalité avec laquelle la théorie achevée en vient à *correspondre* est elle-même fragmentée, l'accomplissement de la classification naturelle demande une cohérence théorique (cf. Duhem, 1906, p. 363). En d'autres termes, dans l'hypothèse où la réalité elle-même est cohérente, la cohérence

13. L'idéal de la classification naturelle est trop complexe pour être abordé dans cet article. Pour notre interprétation de celui-ci, cf. Leite, 2007, pp. 125-229.

devient un prérequis pour la correspondance. Or, nous assure Duhem, nous savons naturellement que « la contradiction n'est pas dans la réalité, toujours d'accord elle-même », mais dans les théories que l'expriment (Duhem, 1906, p. 261). D'où la force du principe de l'unité interthéorique. Autrement dit, il saute aux yeux que, sans la présente paire de principes méthodologiques, aucune description cohérente des critiques duhémiennes envers les sciences anglaise et allemande ne pourrait être produite, de même qu'aucune liste des critères cognitifs élaborés par notre philosophe ne pourrait être considérée comme complète.

Commence à se dessiner une notion de sens commun qui ne s'identifie ni avec la constatation de lois purement expérimentales ni avec l'opinion courante admise dans un temps et dans un espace spécifiques. Les principes d'unité interthéorique et de classification naturelle ne sont pas justifiés par une logique pure, de même qu'ils ne le sont pas empiriquement ou historiquement. Ils sont supportés, en un mot, par la *nature humaine* : « La nature soutient la raison impuissante et l'empêche d'extravaguer jusqu'à ce point » (Pascal, Laf. 131, *apud* Duhem, 1906, p. 167). Telle est la signification du fragment pascalien avec lequel l'auteur conclut la première partie de *La théorie physique*. Elle rend défendable la thèse selon laquelle cette œuvre représente réellement une défense du sens commun. C'est par le biais des aspirations de celui-ci que l'objectif de la théorie est fixé. Quand, dans le dernier paragraphe de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, Duhem (1908b, p. 140) prend le parti de Kepler et de Galilée en soutenant que la théorie physique doit « *sauver à la fois tous les phénomènes* de l'Univers inanimé », c'est exactement le principe de l'unité interthéorique qui entre en scène. L'esprit instrumentaliste qui perdure tout au long de l'opuscule cède la place, à la fin, à des pages à l'accent unificationniste. La conclusion de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* doit être lue, à l'instar de la dernière section de la première partie de *La théorie physique*, comme une victoire de la nature sur l'analyse logique. Le projet scientifique duhémien d'unification de la physique sur les bases de la thermodynamique, qui culmina dans son *Traité d'énergétique* (1911), serait inintelligible sans l'appel au sens commun. Tant sa méthodologie que ses recherches scientifiques sont basées sur le même terrain.

4. Le sens commun comme critère méthodologique *accidentel*

Notre objectif devient, à partir de maintenant, de montrer comment le sens commun peut décréter le rejet de théories sans, toutefois, fournir des principes ou des hypothèses véritablement théoriques. Pour rendre compte de

cette tâche, nous allons tout d'abord prendre deux exemples : le premier sera extrait de *Quelques réflexions sur la science allemande*, essai dans lequel Duhem s'efforce de rendre évidentes les absurdités sur lesquelles repose la théorie de la relativité ; le second sera tiré de la première leçon de *La science allemande*, également publié en 1915, dans lequel l'auteur s'oppose aux géométries non euclidiennes.

4.1. La caractérisation de l'esprit allemand et sa critique

Étant donné que la relativité d'Einstein aussi bien que la géométrie riemannienne sont considérées comme des expressions épiphénoménales de la mentalité germanique, il est urgent d'en dire quelques mots. Selon la caractérisation duhémienne, l'Allemand est un esprit fort, doté d'un haut pouvoir d'*abstraction* et accoutumé à la *rigueur déductive*. Son caractère *méthodique* et *mécanique* révèle, dit Duhem, une étroitesse d'*esprit*, une incapacité à traiter des questions impliquant de nombreux principes. Raison pour laquelle ils travaillent, *lentement* et *patiemment*, à conduire leurs pensées dans de longues chaînes syllogistiques (cf. Duhem, 1916). Dans ses spéculations philosophiques et scientifiques, le *raisonnement discursif* deviendrait la procédure standard. À la limite, la méthode qui leur est la plus chère serait la « méthode purement déductive », telle que définie par Pascal, et elle consisterait à « définir tous les termes et à prouver toutes les propositions » (Pascal, 1854, p. 344 ; cf. Duhem, 1915b, p. 16 ; 1906, p. 331). D'où le fait que les Allemands agissent *comme si* la méthode déductive était un idéal à poursuivre indéfiniment dans toutes les disciplines (Duhem, 1915b, p. 16). En localisant le principe de certitude dans le raisonnement discursif au détriment de la connaissance intuitive dérivée du sens commun, les Allemands soumettraient la science au danger de la *régression à l'infini*, de sorte que le résultat serait la *perte de contact avec la réalité*, cette base fondamentalement inamovible. Excessivement doués en matière de raisonnement, les Allemands tentent d'élaborer les sciences à leur façon, en dédaignant les certitudes intuitives. Entre une physique exagérément intuitive ou exclusivement déductive, ils encourent le deuxième excès : « n'admettre que la raison » (Pascal, Laf. 183). À maintes reprises, Duhem fait appel à l'autorité de Pascal, en la contextualisant, avec l'intention d'imposer des limites au caractère germanique :

> « Nous connaissons la vérité non seulement par la raison mais encore par le cœur, c'est de cette dernière sorte que nous connaissons les premiers principes et c'est en vain que le raisonnement, qui n'y a point de part, essaie de les combattre [...].

> Car la connaissance des premiers principes, comme qu'il y a espace, temps, mouvement, nombres, est aussi ferme qu'aucune de celles que nos raisonnements nous donnent et c'est sur ces connaissances du cœur et de l'instinct qu'il faut que la raison s'appuie et qu'elle y fonde tout son discours. » (Pascal, Laf. 110 ; cité séparément chez Duhem, 1915b, p. 6 et p. 15, mais aussi pp. 70-71 et p. 105)[14].

Duhem fait des réflexions pascaliennes sur l'esprit de la géométrie la pierre angulaire de sa critique envers les Allemands. Le respect des préceptes du cœur, qui est la source des premiers principes, enracine le savoir dans le sol ferme de la réalité. Sans le recours au sens commun, qui *ressent*, avec conviction, ces principes évidents en eux-mêmes, l'esprit essentiellement géométrique des Allemands se voit condamné à fonctionner de manière formelle. C'est la simplicité des axiomes de l'algèbre, de la géométrie, de la mécanique et de la métaphysique qui contribue à leur parfaite évidence et à leur certitude, à condition que notre attention se fixe pour un moment sur eux afin que leur sens soit appréhendé (Duhem, 1915b, p. 25).

4.2. Duhem contre Einstein

La critique la plus élaborée de la relativité restreinte se trouve dans les pages de *Quelques réflexions sur la science allemande* (1915) et se concentre sur l'explication einsteinienne des résultats expérimentaux obtenus par Albert Michelson, incapables de détecter le mouvement de la Terre à travers l'éther stationnaire. Une des réponses précédentes, suggérée par Hendrik Lorentz, consista à assumer que le résultat négatif attesté par l'interféromètre était dû à une contraction des corps rigides dans le sens longitudinal à la vitesse. Cette présomption *ad hoc* lui permettait de réconcilier l'idée de l'éther avec les expérimentations. Plus audacieux, Einstein a déduit la contraction exclusivement du couple de postulats de sa théorie, sans recourir à l'éther immobile, vu par lui comme une hypothèse superflue. En rejetant une fois pour toutes n'importe quel référentiel absolu, poursuit Duhem, le physicien allemand a subverti les notions intuitives de l'espace et du temps fournies par le sens commun. La radicalité de son innovation s'explique par le fait que le résultat de l'expérimentation de Michelson impliquait que les *théories* de l'optique passent par des

14. Les constantes références duhémiennes à Pascal, en particulier celle que nous venons de signaler, attestent de la difficulté de l'interprétation de Jaki (1984, p. 323), pour qui l'influence pascalienne dans l'œuvre duhémienne serait réduite : « Duhem n'a jamais été un intuitionniste au point de répéter l'affirmation de Pascal que "tout notre raisonnement se réduit à céder au sentiment" ». Nous y reviendrons plus loin.

changements, et non pas que les notions mêmes du sens commun soient reformulées (Duhem, 1915a, p. 680). En faisant référence aux conséquences de la relativité, cernées plus tard par Minkowski, Duhem affirme :

> « Les deux notions d'espace et de temps semblent, à *tous* les hommes, indépendantes l'une de l'autre. La nouvelle Physique les unit entre elles par un lien indissoluble. [...] Entre la grandeur du chemin parcouru par un corps mobile et le temps que dure ce parcours, *notre raison* n'établit aucun *rapport nécessaire* ; quelque long que soit un chemin, nous pouvons imaginer qu'il soit décrit en un temps aussi petit que nous voudrons ; si grande que soit une vitesse, nous pouvons toujours concevoir une vitesse plus grande. » (Duhem, 1915a, p. 680. Nous soulignons).

Comme le remarque Mentré (1922b, p. 622), la théorie de la relativité n'est pas critiquée en raison d'une quelconque inadéquation empirique, ou parce qu'elle est supposée incohérente, ou encore parce qu'il s'agit d'une explication métaphysique des apparences ; elle est condamnée parce qu'elle contredit formellement nos évidences immédiates autour des propriétés du temps et de l'espace. Ce n'est pas une expérience sensible particulière qui condamne la relativité, mais la *raison humaine*, puisque les notions d'espace et de temps sont *communes* à tous les hommes. Les postulats de la « nouvelle Physique » mettraient en évidence une double rupture : la première, par rapport aux théories antérieures ; la seconde, plus grave, vis-à-vis du sens commun. Or, si les théories sont essentiellement faillibles et modifiables, le premier genre de rupture serait en quelque sorte attendu. Au contraire, la seconde rupture représente bien plus qu'une subversion strictement scientifique : elle opère une subversion contre les certitudes immédiatement intelligibles de l'« expérience commune », que *tout* homme pratique depuis qu'il a quitté l'enfance (cf. Duhem, 1915a, p. 660). Parce qu'elle sort du champ scientifique, cette rupture porte en son sein une conséquence téméraire : l'homme de la rue serait doté de ressources suffisantes pour refuser à bon droit la physique relativiste ! C'est la porte d'entrée légitime du sens commun dans la méthodologie duhémienne.

Même s'il existe des limites pratiques insurmontables à la réalisation physique de la « vitesse plus grande » en question, ce n'est pas l'impossibilité *pratique* de l'ingénierie que Duhem oppose au principe de la relativité, mais une impossibilité *logique* : « pour un tenant du principe de relativité, parler d'une vitesse qui surpasse celle de la lumière, c'est prononcer des mots qui sont dénués de sens » (Duhem, 1915a, p. 681). Avec la relativité, la vitesse de la lumière cesse d'être un *infini potentiel*, auquel des opérations interminables pourraient faire que sa valeur excède indéfiniment une valeur donnée, pour devenir, si on

le désire, un *fini actuel*. Les notions primitives du sens commun sont oblitérées par l'esprit excessivement géométrique des Allemands, désireux de rigueur absolue. De là, la tendance allemande à ignorer que « espace », « temps » et « mouvement » sont des *idées simples et irréductibles*, incapables de définition algébrique. Ce que l'intuition nous révèle, dit Duhem, c'est qu'« une des premières vérités, antérieures à toute Géométrie, que nous puissions formuler au sujet de l'espace, c'est que celui-ci a trois dimensions » (Duhem, 1915a, p. 666). Le déséquilibre entre l'intuition et la déduction conduirait les Allemands à fabriquer leur propre espace, leur propre temps et leur propre mouvement (Duhem, 1915a, p. 683), en soumettant les fondements de la physique à une *reconstruction complète*. Comme cela se produira chez Maxwell, notre auteur entrevoit chez Einstein un esprit révolutionnaire et, dans la « physique des électrons » de Lorentz, l'avancement d'une véritable *révolution* (cf. Leite, 2012, pp. 284-285).

La critique duhémienne envers la relativité est basée sur le contresens fondamental, aussi bien de ses principes (le postulat de l'invariance de la vitesse de la lumière) que de ses conséquences (l'espace-temps quadridimensionnel de Minkowski). Mais Einstein n'est pas critiqué parce que sa théorie a occasionné une nouvelle définition du temps et de l'espace, de même que Kant ne l'a pas été, dans *La science allemande*, en raison de sa définition de ceux-ci en tant que formes *a priori* de la perception, ni Newton, dans *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, du fait du traitement absolu de ces deux concepts. La critique duhémienne envers l'auteur de la relativité trouve sa justification dans le fait que les conclusions auxquelles il est parvenu *contredisent* ces « exigences premières et forcées de notre raison » (Duhem, 1906, p. 430). Il ne s'agit pas de réprouver les tentatives de définition en elles-mêmes, car, si tel était le cas, tous les métaphysiciens seraient condamnés. Une des tâches réservées par Duhem au métaphysicien consiste en la recherche de la signification profonde d'idées et de propositions, en cherchant à appréhender leur définition réelle ou leur raison d'être. Le métaphysicien peut alors spéculer sur l'essence de l'homme, du corps, du temps ou sur les causes d'une quelconque loi naturelle, mais il ne peut saper les préceptes du sens commun. En d'autres termes, il doit exister une harmonie entre les propositions de la métaphysique et celles du sens commun. C'est précisément cette harmonie qu'Einstein a rompue en postulant le principe d'invariance de la vitesse de la lumière et en redéfinissant de manière inacceptable les notions d'espace et de temps. Entre l'espace-temps et le sens commun, il y a rupture de continuité. Par conséquent, ce n'est donc pas celui qui définit des notions dont la clarté est suffisante dans un usage ordinaire, qui manquera de sens commun, mais celui qui ne distingue pas le sol sûr des

notions intuitives et, de ce fait, enfreint les *préceptes de la nature*. Certes, les tentatives de définition du temps, par exemple, peuvent introduire le *dissensus* entre les écoles cosmologiques, mais il ne s'ensuit pas pour autant qu'elles soient autorisées à introduire le *contresens* ! Le contresens, au contraire, doit être obligatoirement rejeté, indépendamment de son appartenance à telle ou telle école cosmologique.

Nous savons que le professeur de Bordeaux rejette la notion de sens commun calquée sur l'expérience directe comme base des hypothèses en physique. Dans *La théorie physique*, il a montré que si les propositions théoriques étaient déduites des observations quotidiennes, la dynamique actuelle ressemblerait à celle d'Aristote. Par conséquent, il doit exister une « extrême différence de nature » entre les dynamiques péripatétique et moderne (Duhem 1906, pp. 436-437). Sur base de telles considérations, Joseph Agassi (1957, p. 243) a estimé qu'il était difficile de comprendre la critique duhémienne envers Einstein : si, justement, les théories physiques, à l'exception de celle du Stagirite, sont abstraites et *contraires* au sens commun, le sens de la critique devrait être à l'inverse, en visant une quelconque connexion supposée entre la nouvelle théorie et le sens commun au lieu de cibler leur séparation. En réalité, Agassi a omis de noter que le sens commun que Duhem oppose à la relativité a dans ce cas une autre nature[15].

En nous basant sur Michel Paty, faisons remarquer la dualité concernant le concept de sens commun était quelque chose de disséminé dans l'environnement philosophico-scientifique :

> « Les opposants à la théorie invoquaient le *sens commun* ou le *bon sens*, entendus comme la simple *raison naturelle*, pour s'élever contre des notions abstraites, théoriques, purement mathématiques, telles que l'espace-temps de la relativité restreinte, ou la courbure de l'espace de la relativité générale. Les partisans de la théorie d'Einstein répliquaient en invoquant un *autre sens commun*, qui s'appuie sur une analyse plus critique des phénomènes pour justifier les nouvelles conceptions, et surtout pour les faire comprendre » (Paty, 2002, p. 65. Nous traduisons).

15. Après avoir affirmé que la méthodologie duhémienne pourrait fournir un support pour la compréhension de la substitution (globale) de la théorie newtonienne par l'einsteinienne, Gillies (1993, p. 105) se déclara également surpris de la condamnation de la relativité dans *La science allemande* (*stricto sensu*, la relativité n'a pas été critiquée dans cet ouvrage, mais dans son annexe, publiée antérieurement de manière autonome ; cf. Duhem, 1915a).

La mort prématurée de Duhem en septembre 1916 le priva de la connaissance de la relativité généralisée et des vérifications expérimentales subséquentes de mai 1919, qui confirmèrent les calculs d'Einstein. Il est cependant crédible que sa position n'aurait pas été modifiée pour autant. Au moins, il est juste que le sens commun soit stable. Donc, *l'abandon des critiques duhémiennes envers la relativité serait conditionné à un changement de la nature humaine*. Cela nous permet d'exclure d'autres raisons avancées pour rendre compte de la critique duhémienne. Nous avons déjà vu que nous ne devons pas évoquer des motifs basés sur une prétendue incohérence ou incapacité de la théorie pour sauver les apparences (aucun contre-exemple n'est mentionné). Une autre idée à écarter est la moins viable de toutes : Duhem n'a pas refusé la relativité parce que c'était l'œuvre d'un *physicien juif* ou le résultat d'une *physique juive* (le style juif n'est pas inclus dans sa typologie). La thèse selon laquelle l'attaque aurait été motivée par un antisémitisme enraciné est dénuée de tout fondement. La nature du rejet duhémien de la relativité ne relève pas de la condamnation idéologico-politique opérée des années plus tard et diffusée sous la forme de pamphlets dans l'environnement universitaire européen (cf. Brouzeng, 1987, pp. 111-112). L'auteur ne critique pas non plus Einstein de manière indirecte, du fait que celui-ci a utilisé des résultats obtenus par Maxwell (il s'agit de critiques indépendantes). Qui plus est, la relativité n'est pas niée en raison d'un conservatisme scientifique, qui voit dans cette théorie une rivale vis-à-vis de son propre projet : nous ne sommes pas face à une confrontation qui oppose deux systèmes théoriques. Enfin, nous devons exclure l'idée avancée par Gillies (1993, p. 105), selon laquelle il existerait une « contradiction » entre la *philosophie duhémienne*, qui se satisferait, avec son récit faillibiliste, de la substitution de la théorie newtonienne par l'einsteinienne, et de sa *pratique scientifique*, trop accoutumée à la théorie newtonienne pour accepter son adversaire. La vraie tension qui marque la pensée de Duhem est essentiellement philosophique, se déroulant entre sa *théorie de la connaissance* et sa *théorie de la science*, et culminant avec la prédominance de la première sur la seconde. En ce sens, le bon sens préthéorique restreint le cadre d'application du bon sens théorique.

4.3. La critique envers la géométrie riemannienne

À l'instar de la physique relativiste, les géométries non euclidiennes n'ont pas fait l'objet d'analyses dans les publications duhémiennes antérieures à 1915, et c'est avec sévérité qu'elles le seront à partir de là. Depuis *La théorie physique*, Duhem (1906, p. 438) qualifie les mathématiques de « sciences fort exceptionnelles », car, contrairement aux *sciences expérimentales*, la certitude

de leurs axiomes est immédiate et fait abstraction de tout test empirique. Le modèle des *sciences du raisonnement* choisi par lui sont les *Éléments* d'Euclide. Les étapes de la composition de n'importe quelle géométrie seraient au nombre de deux : l'acquisition des *principes* et l'extraction déductive des *conclusions* à partir de ceux-ci. Les principes impliqués spécifiquement dans la géométrie euclidienne sont, précisément, des *axiomes*, « déclarés absolument vrais » par le sens commun et qui ont une « certitude immuable » (Duhem, 1915b, pp. 34-35) : « les axiomes d'où la Géométrie se tire avec une si parfaite rigueur, les *demandes* qu'Euclide formule au début de ses *Éléments* sont des propositions dont le sens commun affirme l'évidente vérité » (Duhem, 1906, p. 437) ; ils sont des propositions universelles, autonomes et « définitives » (Duhem, 1915a, pp. 659-660), que « tout homme sain d'esprit se tient pour assuré de leur vérité avant d'avoir étudié la science dont ils seront les fondements » (Duhem, 1915b, p. 5). Pour que des conclusions vraies soient atteintes à partir de tels principes, il est nécessaire que la déduction parte d'axiomes vrais, dès lors que « la déduction ne crée point de certitude nouvelle ; tout ce qu'elle peut faire, lorsqu'elle est suivie sans aucune faute, c'est de transporter aux conséquences, sans en rien perdre, la certitude que possédaient déjà les prémisses » (Duhem, 1915b, p. 15). C'est la raison pour laquelle la mathématisation de la physique en augmente la *clarté*, mais pas la *certitude* de ses propositions, toujours hypothétiques. La dépendance des mathématiques vis-à-vis du sens commun est plus importante que celle que possède la physique, dans la mesure où les mathématiques dispensent de la comparaison avec l'expérience sensible. Si, dans le cas de la physique, le sens commun agit de manière restrictive, mais non exclusive, car il reste encore beaucoup de liberté au théoricien dans le choix de ses principes, dans le cas des mathématiques, il est déterminant. *Toute la certitude des mathématiques dépend du sens commun*.

Pour Duhem, en abandonnant le cinquième postulat d'Euclide, la géométrie riemannienne, bien qu'acceptable du point de vue *logique*, devient fausse du point de vue épistémologique, en devenant un *jeu intellectuel arbitraire* :

> « La doctrine de Riemann est une *Algèbre rigoureuse*, car tous les théorèmes qu'elle formule sont très exactement déduits des postulats qu'elle énonce ; elle satisfait donc l'esprit géométrique. Elle n'est pas une *Géométrie vraie*, car, en posant ses postulats, elle ne s'est pas souciée que leurs corollaires s'accordassent en tout point avec les jugements, tirés de l'expérience, qui composent notre connaissance intuitive de l'espace ; aussi révolte-t-elle le sens commun. » (Duhem, 1915a, p. 668).

Nous voyons que Duhem reste attaché à une conception « matérielle » des axiomes, compris comme des énoncés indubitablement vrais. Ce n'est pas la *validité* de la géométrie qui intéresse le Français, mais sa *vérité*, à savoir sa correspondance avec nos intuitions, admises comme justes par tous ceux qui posséderaient la raison *saine* (Duhem, 1915b, p. 11). L'indépendance mutuelle des axiomes et l'implacable rigueur déductive sont des conditions *nécessaires*, mais *non suffisantes* pour leur acceptation : la concordance des axiomes et des corollaires qui en sont déduits avec les enseignements du sens commun est une condition indispensable. De même, en l'absence d'axiomes approuvés par le sens commun, la géométrie riemannienne se réduit à un exercice mental. De tels positionnements nous renseignent sur l'anti-conventionnalisme duhémien en géométrie et, encore une fois, sur la distance qui le sépare de l'esprit libéral d'un Poincaré. Le conservatisme mathématique de Duhem fait de lui une victime du « mythe d'Euclide » (cf. Davis & Hersh, 1981, p. 325), en lui assombrissant les symptômes de la « crise » traversée par les mathématiques au début du XX[e] siècle (cf. Boudot, 1967, p. 438). Il est compréhensible qu'il n'ait pas pris part au débat philosophique suscité par la crise dans les mathématiques. Ni le formalisme de Hilbert ni le logicisme de Russell et Whitehead n'ont attiré son attention.

4.4. Le rejet de la théorie d'Ostwald dans *L'évolution de la mécanique*

Il nous reste à atténuer, voire à éviter, la supposition selon laquelle le durcissement nationaliste suscité par la Grande Guerre fut décisif pour la concession du privilège épistémologique accordé au sens commun. Contre les Anglais, Duhem utilise une critique de nature éminemment méthodologique, dans le désir d'éloigner la physique des incohérences résultant de l'application de modèles figuratifs. À l'imagination puissante des Anglais, le philosophe oppose le pouvoir d'abstraction des Français et des Allemands. Nous aurions tort de penser que la critique envers les Allemands, autorisée par le sens commun, n'était présente que dans les textes de 1915. L'erreur serait d'autant plus grande si nous la justifiions en faisant appel au contexte politique. La notion de sens commun en tant que critère d'évaluation de théories résiste à l'interprétation selon laquelle Duhem aurait forgé des critères de dernière minute pour se démarquer de ceux qui, jusque-là, avaient été considérés par lui-même, comme étant à ses côtés contre les Anglais. Notre dernier exemple sera extrait de L'évolution de la mécanique, publié en *1903*.

C'est dans *La déroute de l'atomisme contemporain* (1895) que Wilhelm Ostwald nous offre une vision plus claire des conséquences radicales de l'adop-

tion de son énergétisme. Pour le professeur de Leipzig, les idées associées à la matière, telles que la *masse*, l'*impénétrabilité* et le *poids*, ne seraient que des manifestations hétérogènes de l'unique et véritable constituant du monde, en l'occurrence l'énergie, qui assumerait diverses formes telles que, respectivement, la capacité pour l'énergie cinétique, l'énergie de volume, et l'énergie de position (cf. Ostwald, 1895, p. 957). Comme tous les phénomènes sont subordonnés au concept d'énergie, la matière, en tant que catégorie *philosophique*, serait éliminée et, avec elle, les spéculations sans fin sur sa structure. Qui plus est, la dichotomie entre matérialistes et idéalistes, de même que l'antagonisme entre le corps et l'âme, maintenant définie comme une énergie psychique, seraient démantelés. Autrement dit, l'énergie serait la substance ultime de la réalité. Il est certain que la position d'Ostwald libère la physique d'un engagement à dévoiler le mécanisme de la nature : la machine du monde ne devrait plus être construite. Cependant, son énergétisme n'exclut que le type mécanique parmi les différentes explications de la nature, puisqu'il n'échappe pas aux considérations métaphysiques tangentielles, le remplaçant par une autre ontologie, comme l'a noté Meyerson (1908, p. 326) : « l'énergie du savant de Leipzig est un véritable être ontologique, une chose en soi. Elle existe absolument, indépendamment de toute autre chose, embrassant la substance et l'accident, l'espace et le cause, étant elle-même sa propre cause, *causa sui*, et causant le monde phénoménal tout entier ». En évitant l'utilisation des notions d'atome et de molécule, la position d'Ostwald paie avec une autre monnaie le prix identique du réductionnisme, en se transformant en une « vision du monde » (cf. Deltete, 2012, pp. 109-110). Si la priorité du projet de l'énergétique est constamment attribuée à William Rankine par Duhem (1896a, p. 498 ; 1896b, p. 205 ; 1897, p. VI ; 1903, p. 235 ; 1906, p. 80 ; 1911, p. 3 ; 1917, p. 76), l'énergétisme d'Ostwald passe presque inaperçu dans ses écrits, mais est suffisamment visible pour que nous ayons une idée de la sévérité qu'il éprouve à son égard. Il est étrange que cette attitude négative *ne* soit *pas* justifiée par une conception visant à maintenir l'autonomie de la physique face aux tentatives d'explication des phénomènes en les réduisant à des entités métaphysiques — un thème récurrent chez Duhem. En outre, on pourrait naturellement attendre du Français une critique de caractère plus technique, dans la mesure où, en nous appuyant sur Meyerson (1908, p. 327), Ostwald, et les atomistes avant lui, n'étaient pas parvenus à concilier le principe de Carnot avec les conséquences de sa théorie. La critique duhémienne est d'une autre nature :

> « Au moment de quitter la terre ferme de la Mécanique traditionnelle pour nous élancer, sur les ailes du rêve, à la poursuite de cette Physique qui localise les phénomènes dans une étendue vide

> de matière, nous nous sentons pris de vertige ; alors, de toutes nos forces, nous nous cramponnons au sol ferme du sens commun car *nos connaissances scientifiques les plus sublimes n'ont pas, en dernière analyse, d'autre fondement que les données du sens commun ; si l'on révoque en doute les certitudes du sens commun*, l'édifice entier des vérités scientifiques chancelle sur ses fondations et s'écroule.
>
> Nous persisterons donc à admettre que tout mouvement suppose un mobile, que toute force vive est la force vive d'une matière. "Vous recevez un coup de bâton, nous dit M. Ostwald ; que ressentez-vous, le bâton ou l'énergie ?" Nous avouerons ressentir l'énergie du bâton, mais nous continuerons à en conclure qu'il existe un bâton, porteur de cette énergie. [...] Nous demeurerons donc en deçà des doctrines pour lesquelles l'existence substantielle de matières diverses et massives devient une illusion. » (Duhem, 1903, pp. 178-179).

Comme c'était déjà le cas contre Einstein dans *La science allemande*, les mots ci-dessus ont trait à la négligence du chimiste envers les préceptes du sens commun, dont la suppression retire les fondements les plus solides de toute la connaissance (aucune expérience sensible ou opinion répandue ne sont évoquées). Les certitudes qui ne peuvent pas être abolies appartiennent au domaine préthéorique. Implicite dans ce passage, la notion de sens commun est considérée comme une évidence immédiate pour l'intellect : le mouvement est inconcevable sans quelque chose qui se meut. Le mouvement qui entretient les transformations de l'énergie sera toujours le *mouvement d'*un mobile, *d'*un *substrat* — le contraire viole en quelque sorte les lois de la pensée. Par le biais d'une analogie qui n'est que suscitée par l'auteur, nous pouvons dire que le *mouvement est pour la matière ce que l'accident est pour la substance*.

Meyerson a exprimé un sentiment de désorientation avec une critique semblable envers Ostwald :

> « Notre conception se rapproche bien davantage de celle de M. Duhem à qui, surtout au commencement de cet exposé, nous avons fait de si larges emprunts. Cependant, nous ne sommes pas bien sûr d'avoir compris la différence que l'éminent savant établit entre le sens commun et les théories scientifiques. » (Meyerson, 1908, p. 351).

Elle fut également responsable de l'exclamation d'Abel Rey :

> « Cette critique est bien curieuse sous la plume de Duhem. [...] il s'efforce de construire une physique théorique purement mathéma-

tique, donc sans matière, et […] il fait reposer cette physique sur les principes relatifs à l'énergie. » (Rey, 1907, p. 113, n. 1).

Pour nous qui sommes déjà au courant des publications duhémiennes postérieures, elle n'effraie pas. Mais l'hésitation de Rey dans la première édition de son livre (1907) est compréhensible, car Duhem n'avait pas insisté sur l'importance méthodologique du sens commun. Le seul concept de sens commun employé par lui jusque-là était celui qui s'opposait à la physique symbolique. La stupéfaction de Rey à la lecture de la critique envers Ostwald, compagnon présumé du combat contre le mécanicisme, a été interprétée comme un *recul dans l'abstractionnisme préconisé par Duhem*, dont Rey lui-même qualifiait la physique comme un « formalisme » ou « mathématisme » (Rey, 1930, p. 128, p. 138 et p. 142)[16]. Cet apparent paradoxe pourrait être dissipé de manière simple grâce à l'introduction d'une distinction catégorique entre la *thermodynamique*, théorie abstraite qui, en fait, demeurait sans référence à la structure intime de la matière, et la *(proto-)ontologie* duhémienne, découlant du sens commun. Duhem a proposé à Ostwald une réponse selon les termes de son collègue, en déplaçant la confrontation du terrain théorique à celui de l'ontologie : contre l'ontologie antimatérialiste de ce dernier, il oppose un matérialisme informe, non accompagné d'un *système* cosmologique. En outre, sans l'assomption de la réalité de la matière, la démarcation même entre la physique et la cosmologie, ébauchée dans *Physique et métaphysique*, s'effondrerait. Dans cet article, une telle démarcation est formulée dans les termes suivants : « *La physique est l'étude des phénomènes dont la matière brute est le siège et des lois qui les régissent. La cosmologie cherche à connaître la nature de la matière brute, considérée comme cause des phénomènes et comme raison d'être des lois physiques* » (Duhem, 1893a, p. 58). Physique et cosmologie se scindent *après* avoir assumé l'existence de la matière et sa régence par des lois fixes. Par conséquent, les deux dépendent de notions fournies par le sens commun[17] et tout système métaphy-

16. Maiocchi (1985, pp. 6-8, p. 14 et p. 310) entrevoit aussi dans l'exigence d'abstraction la principale originalité de la méthodologie duhémienne. De ce fait, la défense du sens commun lui semble incompatible avec l'abstraction anciennement attribuée (Maiocchi, 1985, p. 233). En critiquant les Allemands, poursuit le commentateur, *Duhem ressusciterait une philosophie guidée par le phénoménalisme inductiviste* qu'il avait lui-même refusée depuis ses écrits initiaux. D'où le caractère problématique de *La science allemande*. Toutefois, il convient de noter qu'à aucun moment le Français ne critique l'excès d'abstraction de ses voisins géographiques. Ce qui minerait les théories germaniques n'est pas, en soi, l'hypertrophie de la capacité abstractive, mais la *disproportion* existant en elles entre cette capacité abstractive et la capacité intuitive.

17. Dans la physique duhémienne, la matière entre en tant que terme non défini (cf. Duhem, 1892b, pp. 270-271). La question de la *constitution réelle* de la matière, à savoir si elle est

sique niant catégoriquement cette existence de la matière serait contredit par le sens commun. Étant donné le statut ontologique privilégié de la notion de *matière* sur le concept artificiel et symbolique d'énergie, Duhem défait l'inversion opérée par Ostwald (1895, p. 956), qui réduisait la matière à une fiction pour attribuer à l'énergie la qualité de réalité effective.

Signalons enfin d'autres critiques envers des Allemands qui sont antérieures aux publications matures : rejeté dans *La science allemande* pour avoir admis, dans son système métaphysique, le postulat selon lequel « en tout ordre de choses, le maximum est identique au minimum » (Duhem, 1915b, p. 21), Nicolas de Cuse a déjà été objet de censure dans le deuxième tome des *Études sur* Léonard de Vinci (1909), à l'occasion de la défense du même postulat, décrit comme « une antinomie, la plus formelle qui se puisse concevoir » (Duhem, 1909, p. 127 ; cf. p. 107, où Hegel est mentionné en passant). Déprécié dans *Quelques réflexions sur la science allemande* comme un « algébriste » (Duhem, 1915a, p. 670), Heinrich Hertz, un autre Allemand, a déjà reçu la même étiquette dans les conclusions de *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell*, à l'occasion de sa fameuse définition de la théorie de Maxwell comme étant l'ensemble de ses équations (Hertz *apud* Duhem, 1893b, p. 358). L'idée selon laquelle une théorie peut préserver sa signification même lorsqu'elle est réduite à un ensemble d'équations mises en exergue par rapport aux règles de correspondance avec les phénomènes a été largement critiquée par Duhem en raison de son holisme sémantique (cf. Duhem, 1902a, pp. 222-223 ; 1915a, pp. 676-677). Hertz exprimerait, dans sa définition, la *préférence allemande pour l'aspect syntaxique des théories*. Tous ces exemples montrent qu'il existe une intégrité spectaculaire entre les publications duhémiennes.

5. Sur les concepts de bon sens et de sens commun dans *La science allemande*

À la constatation de la polysémie conceptuelle du sens commun présente dans *La théorie physique* fait suite la preuve qu'un de ces sens peut véritablement et de manière cohérente être choisi en tant que critère méthodologique pour la sélection de théories. À son tour, le bon sens présente dans le même ouvrage une *multiplicité fonctionnelle*, et une *univocité sémantique*, c'est-à-dire qu'il remplit un groupe de compétences varié, bien qu'il soit toujours compris comme la perspicacité indispensable aux spécialistes dans les décisions délicates

continue ou discontinue, reste métaphysique.

pour lesquelles aucune règle ne doit guider leur esprit. Dorénavant, il nous appartient de montrer qu'il est possible de distinguer *deux sens* pour le *bon sens* : l'un, tel celui qui apparaît dans *La théorie physique*, qui est *théorique*, et l'autre, que nous trouvons appliqué lors d'opportunités telles que les critiques envers Einstein et Riemann et dans la lettre à Récamier, qui est *préthéorique* et qui s'identifie au sens commun.

Les considérations duhémiennes les plus détaillées à propos des concepts susmentionnés sont exposées dans *La science allemande* et c'est à Pascal qu'il a recourt en soulignant l'équivalence entre le bon sens et le « cœur » pascalien en ce qui concerne la capacité de « saisir intuitivement l'évidence des axiomes » (Duhem, 1915b, p. 6). Or, cette même capacité est concédée au sens commun dans la première leçon de l'ouvrage. Raison pour laquelle, il est nécessaire d'insister sur le fait que — *dans cet ouvrage* — le bon sens et le sens commun font référence à ce que le janséniste a désigné, dans *De l'esprit géométrique*, comme la *lumière naturelle* ou, dans les *Pensées*, comme le *cœur*. De la sorte, pour Pascal comme pour Duhem, le cœur (ou la lumière naturelle) et le bon sens préthéorique (ou sens commun) dénotent un mode de connaissance non discursif d'idées ou de termes primitifs, dans le vocabulaire pascalien, et de notions et principes, selon les expressions utilisées par Duhem. Tous ces notions et principes auraient quelque chose en commun : ils seraient indéfinissables, indémontrables, et, nonobstant, conserveraient néanmoins pleinement leur certitude — ce qui nous ramène à la lettre à Récamier. Comme Pascal et Descartes, notre auteur s'inspire du modèle géométrique de certitude pour fixer les paramètres qui intègrent *La science allemande*. Ce n'est pas par hasard que la première leçon de cet ouvrage a pour thème les « sciences du raisonnement », et c'est en elle que les concepts de sens commun et de bon sens sont identifiés le plus grand nombre de fois. En se démarquant toutefois de Descartes, Duhem se refuse à accepter la distribution naturelle égalitaire du bon sens entre les hommes : « Non, il n'est pas vrai que l'aptitude à discerner d'une manière intuitive le vrai d'avec le faux, que le bon sens, ait, en tous les hommes, un égal développement » (Duhem, 1915b, p. 11). C'est justement cette inégalité qui lui permet de critiquer les Allemands. Mais si *ce* bon sens préthéorique peut également varier comme *ce* bon sens théorique présent dans *La théorie physique*, qu'est-ce qui les distingue essentiellement ? Nous avons vu que le bon sens théorique résulte de la pratique scientifique, de sorte qu'une certaine étude est nécessaire pour sa croissance. Par conséquent, c'est par manque de formation qu'un scientifique spécifique en manquera. Au contraire, le bon sens préthéorique, en tant qu'aptitude à appréhender les premiers principes et à distinguer le vrai du faux, est spontané. Aussi son absence indique-t-elle une défi-

cience plus profonde : la mauvaise constitution mentale. Duhem conditionne la perception des axiomes à la *santé psychique*, en élevant la prédiction discursive à l'universalité quand il se réfère à « tout homme sain d'esprit » (Duhem, 1915b, p. 5) ; à « toute raison sainement constituée » (Duhem, 1915b, p. 71). Une décennie avant, dans *La théorie physique* (1906, p. 160), il défendait déjà que le désir naturel de cohérence interthéorique répondait à un « besoin d'un esprit sainement constitué ». En se généralisant, le discours duhémien s'applique, à quelques exceptions près, à des nations entières : l'Allemand serait moins doté de bon sens que le Français.

Introduisons une autre notion pascalienne — l'esprit de finesse — dans notre élaboration conceptuelle. Dans la préface de la traduction anglaise de *La science allemande*, Jaki (1991b, p. XIX) soutient la corrélation suivante : « L'esprit de finesse et de bon sens [...] sont une seule et même chose pour Duhem ». Cette identification ne bénéficie d'aucun support textuel. Il est facile de montrer que les deux notions possèdent des fonctions différentes *dans cet ouvrage*. À certaines occasions, Duhem utilise l'expression « simple bon sens » comme quelque chose de distinct de l'esprit de finesse. Dans les cas où cela se produit, l'esprit de finesse s'identifie à la « perfection du bon sens », alors que le simple bon sens serait le corrélat du sens commun (tous deux préthéoriques). Citons quelques passages, sans nous préoccuper de les contextualiser, à partir desquels nous pouvons déduire la distinction en question :

> 1. — « Ainsi, privée de la lumière du sens commun et de l'esprit de finesse, la science allemande [...]. » (Duhem, 1915b, p. 76).
>
> 2. — « Le défaut de bon sens et d'esprit de finesse est fort commun chez les Germains. » (p. 89).
>
> 3. — « [...] il faut que le bon sens se surpasse lui-même, qu'il pousse sa force et sa souplesse jusqu'à leurs extrêmes limites, qu'il devienne ce que Pascal nommait esprit de finesse. » (p. 29).
>
> 4. — « Ce sont bien, en effet, les caractères d'une raison où l'esprit de géométrie, par son développement excessif, a comprimé le bon sens et ne lui a jamais permis de s'étendre en esprit de finesse. » (pp. 42-43).
>
> 5. — « [...] dans le développement excessif de l'esprit géométrique, dans l'avortement de l'esprit de finesse et même du simple bon sens, nous en avons découvert les vices profonds. » (p. 88).
>
> 6. — « [...] cette perfection du bon sens qu'est l'esprit de finesse ? » (p. 31).

7. — « je saluais en lui [Pasteur] la perfection du bon sens français, un exemple accompli de l'esprit de finesse. » (p. 98).

8. — « Sans doute, l'incessant usage du raisonnement mathématique n'a pas changé le caractère expérimental de ces sciences [la statique, la dynamique...] ; leurs hypothèses ne sont pas des principes dont le simple bon sens nous rende pleinement certains. » (p. 34).

9. — « Les axiomes [de la géométrie] condensent en eux tout ce que le sens commun, aiguisé en esprit de finesse, a pu découvrir de vrai. » (p. 71).

En conjuguant les passages 1 et 2, nous voyons qu'ils n'établissent aucune relation entre le *bon sens* et le *sens commun* (ou avec un quelconque troisième terme), bien qu'ils soient suffisants pour les différencier tous les deux de l'esprit de finesse. Les citations 3 et 4 établissent la relation suivante entre le *bon sens* et l'esprit de finesse : celui-ci serait le développement extrême de celui-là, alors que la citation 9 dit la même chose de la relation entre le *sens commun* et l'esprit de finesse. Dans les extraits 6 et 7, survient l'identification entre la *perfection* du bon sens et l'esprit de *finesse*. La *perfection du bon sens* diffère donc du *sens commun* et du *bon sens*, mais la citation 5 établit également une distinction entre le *simple bon sens* et l'esprit de finesse, subjugués par le développement excessif de l'esprit de géométrie. Ainsi, *simple bon sens*, *bon sens* et *sens commun* sont tous distincts de l'esprit de finesse. Or, le passage 8 concède au *simple bon sens* le pouvoir de conférer une certitude aux principes des sciences non expérimentales, tandis que l'extrait 9 réserve le même pouvoir au *sens commun* (les deux sont indirectement liés aux sciences du raisonnement). Au moins en ce qui concerne la fonction de garantir la certitude dans les sciences du raisonnement, simple bon sens et sens commun s'identifient et, comme nous l'avons vu, tous deux sont également susceptibles de s'affiner en esprit de finesse. En résumé, *c'est exclusivement dans le contexte de l'intuition de principes méthodologiques, métaphysiques, moraux ou préscientifiques que se produit l'identification entre les concepts de (simple) bon sens et de sens commun*.

6. Considérations générales sur le sens commun et le bon sens

Depuis que Stump (2007) a rapproché la philosophie duhémienne, par le biais de la notion de bon sens, de la variante responsabiliste de l'épistémologie de la vertu adoptée par Linda Zagzebski, cette notion a commencé à recevoir une attention croissante de la part des critiques (cf. Ivanova, 2010). Bien que la discussion sur ses *fonctions* soit analysée à suffisance, celle sur son *origine* reste

en débat. Inspiré par Martin[18], Gillies (1993, p. 107) soutient que le bon sens théorique est en partie dérivé de Pascal, alors que Picard (1921, p. CXXXIX) a déjà fait mention d'une double filiation, chez Pascal et Descartes, toutes deux rejetées par Jaki (1984. p. 319), qui souhaite faire de Duhem un héritier d'Aristote. Récemment, Olguín (2017) a souligné le rôle joué par la tradition catholique dans la constitution du bon sens duhémien, considéré comme le résultat d'une transformation progressive à partir du concept aristotélicien de *noûs*, « la vertu qui permet l'appréhension des premiers principes à travers l'*epagôge* » (Olguín, 2017, p. 121).

L'incertitude concernant l'héritage du concept de bon sens semble s'appliquer à celui de sens commun. Selon Jaki (1984, p. 319), « le rôle du sens commun dans la philosophie de Duhem est l'aspect le plus fondamental, mais en grande partie négligé et presque toujours mal interprété ». Le commentateur souligne que le discours duhémien possède une tonalité réaliste, qui le distancie de Hume, Kant et Mach. Pour Duhem, l'homme serait en *contact direct avec la réalité*, laquelle n'est pas dissoute dans des idées qui masquent l'être, dans des représentations solipsistes ou dans des complexes d'éléments. Brouzeng (1987, p. 110) a également relevé le faible engagement duhémien à conceptualiser le sens commun dans le domaine scientifique. En effet, le désir de compiler une liste exhaustive des déclarations, semées tout au long de ses textes, se référant au sens commun nous apparait irréalisable. Nous ne trouverons nulle part une définition détaillée et sans équivoque de cette notion.

Jusqu'ici, nous avons essayé d'appréhender les notions de sens commun et de bon sens au sein de l'œuvre duhémienne en nous référant à sa propre logique. L'origine externe de telles notions (s'il existe une origine spécifique) est sujette à discussion et nous ne prétendons pas la déterminer dans cet article. C'est peut-être pour cette raison que Jaki (1984, pp. 322-323) a imputé à la philosophie duhémienne une « incomplétude drastique » dans ce qui a trait à la détermination de la parenté philosophique de la notion de sens commun. Nous pouvons cependant avancer quelques *hypothèses* dans cette direction.

18. En dehors de nous, Martin (1987, pp. 306-307 ; 1991, pp. 81-85) a été le seul à prêter attention aux différentes facettes du *sens commun* dans la pensée duhémienne. Malgré la sagacité qui caractérise ses analyses, ses résultats diffèrent des nôtres. De son côté, Brenner (2003, p. 169) tire parti d'une citation trouvée dans la première leçon de *La science allemande* dans laquelle bon sens et sens commun s'identifient, et constate la proximité de la notion de bon sens avec une sorte d'intuition « supra-logique », mais néglige aussi bien la problématique conceptuelle autour de la notion de sens commun que la distinction tracée entre bon sens et sens commun dans *La théorie physique*.

6.1. Quelques néothomistes proéminents sur le sens commun

L'identification entre les concepts de sens commun et de (simple) bon sens n'est pas l'exclusivité de la lettre de Duhem à Récamier ni de *La science allemande*. Le cardinal Désiré Mercier définissait ainsi les jugements provenant du bon sens :

> « Les jugements plus ou moins indistincts, que la nature spontanée, laissée à elle-même, dicte à l'intelligence, s'appellent vérités de *bon sens*, de *simple bon sens*. Comme la nature est la même chez tous, les vérités de bon sens s'appellent, à juste titre, des vérités de *sens commun*. » (Mercier, 1906/1918, p. 196).

Bien que le sens commun soit peu instructif pour la formation des systèmes philosophiques, il exigerait, par contre, un accord de ceux-ci avec ses premiers principes, perçus avec certitude. À l'instar de Duhem, Mercier (p. 197) attribue une origine innée au désir d'unité : « L'homme possède au cœur un besoin inné d'ordre et d'unité », et par rapport à cela, la véritable science doit s'harmoniser avec ces principes, qui constituent « l'expression d'une loi de notre nature » (p. 198). Cela ne signifie pas que le (simple) bon sens, lorsqu'il se prononce sur lui-même ou sur le monde extérieur, ne doit pas être contrôlé par la raison critique. En effet, l'appel au bon sens n'est que provisoire, mais, même ainsi, il sert de pierre de touche pour juger les systèmes philosophiques, moraux et scientifiques.

Rappelant fortement la pensée de Duhem, Ambroise Gardeil[19] et Jacques Maritain discernent deux types de vérités de sens commun, l'un *intellectuel*, l'autre *sensible*. Maritain classifie la philosophie du sens commun comme une *philosophie de l'évidence*, de caractère spontané et durable, parce que « fondée à la fois sur l'évidence expérimentale des données des sens et sur l'évidence intellectuelle des premiers principes » (Maritain, 1920/1921, pp. 62-63 ; cf. aussi pp. 87-88). De tels principes existeraient dans un état « pré-philosophique », infaillible, et, parce qu'ils sont embryonnaires, ils sont, aussi, imparfaits, en étant reconnus comme vrais par tous les hommes, sauf lorsque ceux-ci sont déformés par une mauvaise éducation ou un vice susceptible d'affecter leur raison (p. 88). Cette « notion pure » du sens commun, instinctive et naturelle à l'humanité, préfigure, à l'état informe, une métaphysique qui, postérieure-

19. « [...] on peut dire que notre donné spontané, notions, principes, inférences immédiates et nécessaires, est un donné, lui aussi, de sens commun, c'est-à-dire d'instinct intuitif, non raisonné et analysé, qui porte sa preuve en lui-même, et qui est dans l'ordre intellectuel ce qu'est dans l'ordre de l'expérience le sens commun positif et centralisateur de toute la

ment, pourra être améliorée par l'analyse rationnelle, mais jamais invalidée par celle-ci (Maritain, 1932/1948, p. 159). Il doit exister une solidarité entre le sens commun et les systèmes rationnels de philosophie, car les vérités de ceux-ci sont un prolongement sans fin des certitudes de celui-là. Dans les occasions où la solidarité est absente, le sens commun est amené à *juger accidentellement la philosophie*, car les certitudes dont il est composé sont supérieures à toutes les conclusions scientifiques.

Parmi les contemporains de Duhem, celui qui a développé la notion de sens commun avec la plus grande compétence fut le néothomiste Réginald Garrigou-Lagrange. C'est en 1909 qu'il publie l'œuvre séminale *Le sens commun*, *la philosophie de l'esprit et les formules dogmatiques*, dont l'objectif principal était de faire face au nominalisme de Le Roy, héraut du modernisme religieux en franche ascension dans l'environnement religieux européen. Pour le disciple de Bergson, les notions de substance, de cause, de relation et de sujet ne seraient que des réifications et des symboles formés spontanément par l'intelligence dans le but de l'action, et évolueraient selon la variation des besoins pratiques. La substance ne serait qu'une entité verbale, avec laquelle l'intelligence immobiliserait le flux universel des phénomènes, ou, même, qu'un « résidu appauvri de l'expérience » (Garrigou-Lagrange, 1909, p. 139). La formule platonico-aristotélicienne, qui explique la mobilité par l'immobilité, est, par conséquent, inversée ; elle serait dorénavant considérée comme secondaire, dérivée de la mobilité, une réalité véritablement fondamentale. En tant que simple instrument pratique, le concept serait incapable de communiquer le réel à l'esprit, et la connaissance s'en trouverait ruinée, sans objet stable grâce auquel elle pourrait s'établir. Dans la vision nominaliste, le sens commun, modelé sur l'action, devient essentiellement contingent, un résidu d'innombrables variations et adaptations évolutives.

Garrigou-Lagrange s'inspire de la philosophie classique d'Aristote et de saint Thomas pour restaurer la « théorie classique du sens commun » (p. I), en affirmant que les formules dogmatiques ne se distinguent du sens commun que parce qu'elles constituent un perfectionnement de celui-ci, un prolongement naturel. Son intention est de défendre la valeur objective et transcendante des premiers principes, particulièrement du principe d'identité, qui permettrait de restaurer les *bases rationnelles de la foi* et la valeur objective et immuable des dogmes. En partant de la critique aristotélicienne envers Héraclite et en passant par Hegel et Bergson, responsables de l'insertion de la contradiction au

sensibilité percevante. Et c'est, en effet, sous ce nom de *Vérités de sens commun* que l'on dénomme ordinairement tout cet ensemble. » (Gardeil, 1910, p. 34).

sein de la réalité (p. 259), le néothomiste affirme que la philosophie du sens commun ne se reconnait pas dans une philosophie du devenir ou du phénomène parce qu'elle est la « *philosophie rudimentaire de l'être* » (p. 49) ; non « *une* philosophie », mais « *la* philosophie » (p. 52), car avec elle — et seulement avec elle — la possibilité de l'absurde est rejetée.

Contrairement au bon sens, qualité variable, plus développée chez certains que chez d'autres, définie comme l'aptitude à bien juger dans des *cas particuliers*[20], le sens commun serait une qualité commune et invariable, qui ne se présenterait toutefois pas comme une doctrine proprement dite, mais comme dotée des solutions germinales des grands problèmes philosophiques :

> « L'objet propre du sens commun c'est tout d'abord les notions premières et les principes premiers rattachés à l'être (*prima intelligibilia*), qui sont comme la structure de la raison. C'est en outre les grandes vérités qui se rattachent à ces notions premières par les principes premiers [...]. C'est enfin certaines vérités qui s'obtiennent par une induction spontanée, comme celles d'ordre physique nécessaires à la vie animale et celles nécessaires à la vie en société. En dehors de ces limites le sens commun n'a plus de compétence et ce qu'on appelle ; "ses préjugés particuliers variables avec les temps et les lieux" ne lui est pas à vrai dire attribuable ; ce sont les préjugés communs aux hommes de telle époque et de tel temps, souvent le résidu de certains systèmes philosophiques très spéciaux, ce ne sont pas des préjugés du sens commun. » (Garrigou-Lagrange, 1909, p. 96).

L'adhésion aux premiers principes est naturelle : « Également vrais pour tous et connus de tous, ces principes sont immuables en soi et en nous » (p. 82). Puisque les premiers principes sont comme inscrits dans la raison humaine (p. 114), le sens commun ne les démontre pas, mais, par son instinct de l'être, les sent comme une intuition vague (p. 84). Marqué par un élément d'immutabilité et d'universalité, le sens commun est *infaillible* quant à ses premiers principes (p. 105), qu'ils soient d'ordre spéculatif ou pratique. Parmi ceux-ci se trouvent : les principes d'identité et de non-contradiction, les principes de substance, d'induction, de raison d'être, de finalité et de causalité, et le principe primitif de la moralité : « il faut faire le bien et éviter le mal » (p. 71). Avec peu de raisonnement, on parvient à des vérités telles que l'existence de Dieu et les

20. « Comme on l'a souvent remarqué, le sens commun, d'après le mot lui-même, est une qualité *commune* à tous les hommes, égale chez tous, à peu près invariable. *Le bon sens*, au contraire, est une qualité susceptible de degrés variés, plus ou moins développée dans les différents esprits, c'est l'aptitude à bien juger dans les cas particuliers, à leur appliquer comme il faut les principes du sens commun » (Garrigou-Lagrange, 1909, p. 56).

existences du libre arbitre, de la spiritualité et de l'immortalité de l'âme, qui seraient un prolongement de l'intuition du sens commun (p. 89). D'où le rejet par Garrigou-Lagrange de la morale kantienne, qui, bien que reconnaissant la nécessité et l'universalité des premiers principes de la raison, les lierait à une nécessité subjective, qui en fait la loi de la pensée et non les lois du réel. En outre, le sens commun admet la matière et l'esprit, la distinction entre matière brute et matière vivante ; il admet que les corps et l'âme sont des substances ; il admet la subordination de la volonté à l'intelligence, la liberté, l'existence de Dieu ; il se révolte contre l'utilitarisme qui nie le devoir ; il nie le nihilisme doctrinal et moral ; il désire l'unité parce qu'il sait que l'être a, par propriété transcendantale, l'unité. À l'instar de Duhem et de Mercier, Garrigou-Lagrange réitère le « besoin d'unité inné à l'intelligence » (p. 65 ; cf. p. 58). Le naturel dont parle le catholique est valable pour le premier principe de la raison pratique et pour les principes de non-contradiction, de substance, d'induction, de finalité et de causalité. Or, il est facile de voir que : a) Duhem conserve le premier principe de la morale cité plus haut, comme l'atteste la lettre à Récamier et comme nous le suggère la critique adressée à Kant dans *La science allemande* (cf. Duhem, 1915b, pp. 17-19) ; b) que le professeur de Bordeaux défend le principe de non-contradiction, nous le savons grâce à ses critiques envers le Cusain et Hegel ; c) le principe de substance est présupposé dans sa critique d'Ostwald ; d) le principe d'induction est exclu de la formulation des théories physiques, mais il n'est pas vraiment critiqué par lui, car il reste valable dans le domaine préthéorique (c'est parce qu'elles *ne* sont *pas* obtenues par induction que les hypothèses sont incertaines) ; e) le principe de raison d'être, lié au déterminisme des phénomènes, est assumé lors de ses mentions à la fixité des lois naturelles, et, y compris dans une lettre à Garrigou-Lagrange lui-même[21] ; f) nous consacrerons la prochaine sous-section au principe de causalité.

6.2. Duhem à propos de la tendance naturelle de l'esprit humain

Le fait que les enfants, depuis leur plus tendre enfance, fatiguent leurs parents à propos du pourquoi des choses indique, selon Garrigou-Lagrange (1909, p. 72), le caractère congénital du principe de causalité. En effet, dès son premier article philosophique, Duhem reconnaissait l'action d'une « tendance invincible » qui stimulerait « tout homme, depuis le sauvage le plus superstitieux jusqu'au philosophe le plus curieux » (Duhem, 1892, p. 158).

21. « [...] nous savons que tous les phénomènes dont la matière est le siège sont assujettis à des lois fixes, et la certitude de ce principe est telle que nous pouvons, sans hésitation, consacrer notre vie à la découverte de ces lois » (Duhem, 1893a, p. 63) ; « Or, si nous savons

C'est ce sentiment, partagé par « ceux-là mêmes qui affirment le droit de la théorie à l'incohérence logique » (Duhem, 1905, p. 138), qui domine les hommes, en les poussant à chercher les causes des phénomènes. La recherche incessante de l'ordre et de l'harmonie sous-jacents aux apparences, que la méthode expérimentale est incapable de justifier, a été taxée par Th. H. Martin d'« étrange aberration de l'esprit humain » et récupérée par l'auteur du *Système du monde* (Duhem, 1913/1914, vol. 2, p. 15). De cette aberration dériverait l'esprit pythagorico-platonicien en pleine vigueur au XIXe siècle : l'homme n'accepte pas que le hasard règne sous les nombres révélés par leurs mesures et c'est pourquoi, il persiste dans la recherche de sa raison d'être, de ses relations numériques simples et harmonieuses. Kepler, Bode, Dalton, Le Verrier, J.-B. Dumas, Mendeleïev ; tous exhiberaient dans leur activité scientifique des tendances pythagoriciennes (Duhem, 1913/1914, vol. 2, p. 16). Du début à la fin de ses publications, Duhem continue de tracer les traits généraux et constants de cette « tendance naturelle à l'esprit humain » (Duhem, 1913/1914, vol. 2, p. 17), *expliquant* le comportement humain et son aspiration à la recherche de l'unité descriptive et des causes des phénomènes. Dans une critique de Duhem, Vicaire avait exalté le désir d'unité qu'il avait entrevu dans l'article analysé comme étant une double « victoire du bon sens et de l'instinct naturel » (Vicaire, 1893, p. 476), « invincible » et « innée » dans l'homme (p. 474), en insistant sur le fait que les grands génies ont toujours été guidés par la notion de cause dans leurs découvertes. Duhem n'est pas loin de défendre les mêmes thèses.

Comme nous l'avons exposé dans la section 3, à la fin de la première partie de *La théorie physique*, Duhem lie le principe d'unité interthéorique à une aspiration innée provenant du sens commun. Dans *Physique de croyant*, il justifie le même principe par le biais de « raisons étrangères à la Physique » (Duhem, 1905, p. 136), en affirmant que le physicien trouve *en lui-même* une « irrésis-

---

peu de choses sur les relations qu'ont entre elles les substances matérielles, il est du moins deux vérités dont nous sommes assurés : c'est que ces relations ne sont ni indéterminées, ni contradictoires » (Duhem, 1893b, p. 369) ; « [...] nous ne pouvons connaître l'essence des choses qu'en tant que cette essence est la cause et la raison d'être des phénomènes et des lois qui les régissent » (Duhem, 1893a, pp. 58-59) ; « la connaissance des causes implique la connaissance des effets » (p. 60) ; « [...] les prémisses de déductions dont les conséquences doivent s'accorder avec les phénomènes toutes les fois qu'une volonté libre n'intervient pas pour déranger le déterminisme de ceux-ci » (lettre de Pierre Duhem à Garrigou-Lagrange de 11/04/1913 *apud* Garrigou-Lagrange, 1914, p. 763). Il devient clair dans cette lettre que Duhem restreint le déterminisme à la nature inanimée, de sorte que le libre arbitre humain ne soit pas questionné et que la volonté libre de l'homme puisse exclusivement bouleverser l'ordre des phénomènes.

tible aspiration vers une théorie physique qui représenterait toutes les lois expérimentales au moyen d'un système d'une parfaite unité logique », et que cette aspiration « est aussi ancienne que la science elle-même » (p. 140). Du fait d'appartenir à la « nature de l'esprit humain » (p. 140), le désir d'obtenir une théorie unitaire dirigerait les recherches « de tous les temps » (p. 140). Dans le même texte, nous lisons : « *la croyance en un ordre transcendant à la Physique est la seule raison d'être de la théorie physique* » (Duhem, 1908a, p. 18). Avec de telles déclarations, Duhem offre une réponse, nécessairement métaphysique, à la première des deux questions insérées au début de *La théorie physique*, « Existe-t-il une réalité matérielle distincte des apparences sensibles ? » (Duhem, 1906, p. 10). Pour que la physique *théorique* puisse exister, il faudrait, d'une manière ou d'une autre, répondre affirmativement à cette question. Sur le long terme, Duhem affirme que la justification ultime de l'unité interthéorique repose sur une *tendance métaphysique spontanée de l'esprit humain*, qui le conduit à assumer comme réelle une structure super-empirique cohérente et autorégulée. Il devient possible de soutenir qu'il existe, pour le Français, une subordination légitime et fructueuse de la physique à la métaphysique, à condition que par « métaphysique », nous comprenions un ensemble de notions et de principes justes, bien qu'acceptés sans analyse, et d'aspirations irrésistibles qui produisent la raison humaine et créent la possibilité de la connaissance. Il s'agit d'une métaphysique vague, qui stimule la recherche par l'ordre et la vérité, et qui est plutôt un *sentiment* qu'un système cosmologique déterminé. La science est donc soutenue par la nature humaine, *commune* à tous.

Les approximations ci-dessus sont, à la rigueur, des tentatives, puisque rien ne nous certifie l'identité des pensées de Gardeil, Mercier, Garrigou-Lagrange et Maritain, même si nous nous limitons au thème du sens commun ; mais il est indéniable qu'entre eux et Duhem, du moins à ce stade, il existe une communauté de pensée, surtout parce que la valorisation duhémienne du sens commun a des conséquences dignes d'être notées. Nous avons vu qu'avec la rupture épistémologique entre les lois inductives du sens commun et les hypothèses théorico-symboliques, seules les premières conservent une valeur de vérité. Cette scission a deux résultats : (i) la *négation* de la validité de la stratégie apologétique qui utilisait les théories physiques pour prouver des thèses religieuses et/ou métaphysiques ; (ii) le *maintien* de la théologie naturelle traditionnelle, basée sur la simple observation des faits, à l'instar des thomistes. *Le désaccord duhémien par rapport à n'importe quel néo-thomiste qui lui était contemporain n'implique pas, en tant que tel, une adhésion au modernisme, au détriment de la théologie naturelle ou rationnelle.* La seule théologie qu'il rejette, car elle n'est pas démonstrative, est la théologie fondée sur la physique théorique, ce qui

n'exclut pas des preuves *fiables* basées sur le sens commun et la raison[22], ou *incertaines*, étayées par des analogies (cf. Duhem, 1905, p. 147 ; Leite, 2016, pp. 121-122). Ce n'est pas par hasard que Garrigou-Lagrange (1909, pp. 29-30 et p. 70) s'est prononcé plus d'une fois sur la concordance entre la théorie de la science duhémienne et la philosophie d'Aristote[23].

22. Le rôle des observations du sens commun avait été exalté lorsque, dans une correspondance avec Gardeil, Duhem déclara que le fondement de la métaphysique devrait être « les données obvies, immédiates, de l'observation *non scientifique* », afin que, grâce à une telle base, la métaphysique puisse s'édifier en toute sécurité (lettre de P. Duhem à A. Gardeil du 29/11/1894 *apud* Stoffel, 2002, p. 339). Dans une autre lettre, adressée cette fois à Bulliot, Duhem, traitant de la constitution des vérités religieuses (et métaphysiques), explique que l'*analyse rationnelle* de ces données, effectuée par des « opérations communes qui constituent proprement notre intelligence », n'est pas exclue : « pour aller aux vérités religieuses, la raison humaine n'emploie pas d'autres moyens que ceux dont elle se sert pour atteindre les autres vérités » (lettre de P. Duhem à J. Bulliot du 21/05/1911 *apud* Pierre-Duhem, 1936, p. 164). Ainsi, le sens commun *et* la raison contribuent à prouver les vérités des domaines les plus divers de la connaissance, y compris les vérités religieuses, ce qui éloigne notre auteur du fidéisme et des formes contemporaines d'anti-intellectualisme qui lui étaient contemporaines (cette conclusion peut être opposée à celle de Martin (1991, pp. 39-40) et comparée à celle de Maiocchi (1985, p. 330).

23. À en croire Albert Dufourcq (*apud* Pierre-Duhem, 1936, p. 203), Aristote était le philosophe que son ami intime appréciait le plus, et dont, selon l'avis d'Émile Peillaube (1919, p. 459), Duhem est resté un adepte fervent durant toute sa vie. De manière générale, l'attitude duhémienne face à Aristote est *double* : du point de vue *méthodologique*, elle est, le plus souvent, élogieuse ; dans plusieurs de ses ouvrages, principalement ceux publiés jusqu'en 1905, ce sont les *similitudes* méthodologiques entre son énergétique et la physique péripatéticienne que Duhem (1896a ; 1901 ; 1902b ; 1903 ; 1905) met en exergue. Alors que du point de vue *historiographique*, c'est-à-dire de l'évolution de la physique, l'auteur ne manque pas d'insister sur la *différence* radicale entre la dynamique et l'astronomie aristotéliciennes, d'une part, et la physique moderne, de l'autre. Dans ce cas, nous pouvons mentionner comme exemples les publications essentiellement historiographiques de Duhem. Toutefois, en aucun cas, la cohérence et l'amplitude du système péripatéticien ne sont discréditées. On pourrait dire que, *formellement*, la physique du Stagirite conserverait une certaine actualité, du fait de son caractère anti-mécaniciste, mais que, *matériellement*, ses principes physiques avaient été irrévocablement dépassés. Raison pour laquelle Duhem a refusé, malgré l'insistance de son ami Bulliot, de concevoir la physique moderne comme un retour à la philosophie scolastique (cf. Hilbert, 2000, pp. 176-177 ; Stoffel, 2002, pp. 322-323 ; p. 92, n. 15). Ses critiques acerbes envers la physique aristotélicienne ont même dérangé Garrigou-Lagrange (cf. Jaki, 1987, p. 101). Le fait est que, comme l'a bien exprimé Maiocchi (1985, p. 336), « l'amour de Duhem pour Aristote fut un amour "laïc", qui ne permet pas de le classer parmi les néo-thomistes ».

6.3. Notes succinctes sur la présence de Pascal dans l'œuvre duhémienne

En classant Duhem parmi les philosophes du sens commun, nous ne prétendons pas en faire un thomiste strict, pas plus que nous ne sommes obnubilés par la présence pascalienne dans son œuvre. C'est précisément parce que nous n'insistons pas tellement sur la nécessité d'une décision de type exclusiviste et que nous restons suffisamment en retrait sur ces questions que nous pouvons identifier, dans le thomisme, chez Pascal et chez Duhem, des éléments nucléaires communs. À la croisée de ceux-ci, nous percevons Duhem comme un philosophe « quasi-thomiste » *et* « quasi-pascalien », tout comme le thomisme et Pascal s'apparentent, avant qu'ils ne se construisent en tant que pensées divergentes. Le recours progressif au philosophe janséniste au long des publications duhémiennes est indéniable. S'il est vrai que des arguments similaires à ceux utilisés par Duhem dans sa critique de la théorie de la migration de l'énergie d'Ostwald se découvrent chez Garrigou-Lagrange (1909, p. 17 et p. 36) et chez Munnynck (1908, p. 137)[24] et qui sont, chez l'un comme chez l'autre, soutenus par le *sens commun*, nous sommes confrontés, en lisant *De l'esprit géométrique*, au passage suivant qui présente le même caractère : « on ne peut imaginer de mouvement sans quelque chose qui se meuve » (Pascal, 1854, p. 350). Juste après, nous retrouvons le principe utilisé par Duhem contre la relativité : « Car quelque prompt que soit un mouvement on peut en concevoir un qui le soit davantage et hâter encore ce dernier » (p. 350). Ce n'est pas tout.

Certains passages contenus dans les premiers articles de notre philosophe, écrits dans un langage nettement thomiste, tel que *Physique et métaphysique*, sont réinterprétés plus tard dans la direction de la pensée pascalienne. La défense de l'autonomie de la physique théorique dans *Physique et métaphysique* est menée de sorte à mettre en évidence que la méthode expérimentale utilisée par la physique ne dépend pas d'investigations métaphysiques préalables. La solidité de la méthode expérimentale dériverait de l'emploi de notions, telles que celles de « phénomène physique », de « corps », d'« étendue », de « temps », de « mouvement » ; et de principes universels et indubitables, comme « les axiomes de la géométrie et de la cinématique, tels que l'existence de lois déterminant l'enchaînement des phénomènes physiques » (Duhem, 1893a, p. 62). De semblables notions et principes ne requièrent pas, assure Duhem, de connaissances philosophiques à propos de leur véritable nature pour

24. « Les modifications supposent le modifié. Celui-ci, seul, peut rendre compte de la permanence, de la continuité du réel sous le flux évolutif du cosmos » (Munnynck, 1908, p. 137).

qu'ils puissent être utilisés, à partir du moment où ils apparaissent à l'intelligence du savant et du paysan comme *suffisamment* « certains et distincts ». La notion de *loi physique* est également insérée parmi ces notions : « en dehors de toute recherche métaphysique, nous savons que tous les phénomènes dont la matière est le siège sont assujettis à des lois fixes » (p. 63). Cela ne signifie pas, continue-t-il, que la notion de corps soit complètement et adéquatement connue de nous, mais seulement que nous la connaissons de façon à pouvoir en faire usage sans commettre d'erreur ni considérer comme corps quelque chose qui ne l'est pas. Dans *Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale*, un nouvel exemple sera donné, cette fois sous la forme d'une loi du sens commun, telle que : « Tout homme est mortel » (Duhem, 1894, p. 213). Les termes « homme » et « mortel » renverraient immédiatement, naturellement et de manière irréfléchie aux êtres concrets auxquels ils pourraient correspondre. Comme auparavant, le métaphysicien pourra tenter une analyse de ces mots pour comprendre leur sens profond, mais une telle recherche est inutile pour nous faire comprendre cette loi : son sens évident suffit à la compréhension générale (cf. p. 215). Ainsi, aussi bien la physique que la métaphysique dépendent de ces notions, même si la première rompt avec beaucoup d'entre elles, et que la seconde cherche à les dépasser, en scrutant leur essence. Ni l'une ni l'autre ne peuvent augmenter notre certitude à leur sujet (cf. Duhem, 1893a, p. 64).

La question des définitions des notions de temps et d'espace sera reprise dans *Le système du monde*. À cette occasion, la teneur thomiste de *Physique et métaphysique* cède la place à une référence explicite à Pascal. Duhem (1913/1914, vol. 1, p. 33) affirme que nous savons ce qu'est le temps parce que, en conversant à son propos, nous nous comprenons sans avoir besoin de plus d'explications (on peut en dire autant de l'espace). Cependant, bien que nous utilisions spontanément le terme « temps » sans divergences quant à ce qu'il désigne, nous ne pouvons rien conclure à propos de son essence. Comme Pascal, Duhem insiste sur le fait que nous savons seulement ce que désignent les mots « temps », « espace », « mouvement », sans que nous ne connaissions la véritable nature de ce que nous désignons[25]. Nous savons *tous* naturellement ce qui peut être affirmé ou nié à propos de l'espace. La divergence commence quand on ose proposer la définition de son essence, assumant ainsi une posture métaphysique. Le début du laborieux travail métaphysique correspond à

25. À comparer avec : « Qui le [le temps] pourra définir ? Et pourquoi l'entreprendre, puisque tous les hommes conçoivent ce qu'on veut dire en parlant de temps, sans qu'on

l'apparition de la discorde, puisque dans ce domaine, le sens commun devient inefficace, du fait de sa généralité.

Les deux derniers paragraphes de cette section indiquent que les appels au langage thomiste (dans l'article de 1893) et aux idées pascaliennes (dans le livre de 1913) occultent un même ensemble de questions, relatives à la certitude fondatrice des notions et des principes que le sens commun est supposé nous fournir. La grande question que cette section nous incite à poser est la suivante : si la réflexion à propos de la définition réelle du temps et de l'espace est soustraite de la physique, limitée à traiter superficiellement ces notions, pour être octroyée à la métaphysique ; si les bases du rejet simpliste duhémien des théories d'Ostwald et d'Einstein se trouvaient déjà chez Pascal, jusqu'à quel point pouvons-nous soutenir que les réflexions du janséniste éveillèrent chez Duhem la conscience de la complexité de l'entreprise scientifique[26] ?

7. Quelques conclusions

Une analyse exégétique compréhensive révèle que l'œuvre duhémienne conjugue avec cohérence au moins *deux niveaux distincts de sens commun*, et que chacun préserve un domaine spécifique de validité :

1. Le *premier*, le plus central, est constitué d'aspirations, de notions et de principes primitifs passibles d'être appréhendés *immédiatement* et *intui-*

---

le désigne davantage ? Cependant il y a bien de différentes opinions touchant l'essence du temps. [...] ce n'est pas la nature de ces choses que je dis qui est connue à tous ; ce n'est simplement que le rapport entre le nom et la chose ; en sorte qu'à cette expression *temps* tous portent la pensée vers le même objet ce qui suffit pour faire que ce terme n'ait pas besoin d'être défini, quoique ensuite, en examinant ce que c'est que le temps on vienne à différer de sentiment après s'être mis à y penser ; car les définitions ne sont faites que pour désigner les choses que l'on nomme, et non pas pour en montrer la nature. » (Pascal, 1854, p. 347). De termes tels que « temps », « espace » et « mouvement », nous avons une connaissance non discursive dont la sûreté *ne* peut être mise en doute par la raison. Duhem semble être d'accord avec Pascal sur le fait que la qualité qui rend de telles idées indéfinissables est la même qui lui confère une plus grande évidence, « de sorte que le manque de définition est plutôt une perfection qu'un défaut » (Pascal, 1854, p. 349), car si sa certitude ne provient pas du raisonnement discursif, cela signifie qu'elle est indépendante d'autres prémisses sur lesquels la déduction opérerait pour tirer ses conclusions.

26. Nous faisons allusion à la formulation suivante de Bordoni (2017, p. 64) : « Je soutiens que Duhem a trouvé chez Aristote la conscience de la complexité du monde physique et qu'il a trouvé chez Pascal la conscience de la complexité de l'entreprise scientifique, en particulier sa nature intrinsèquement provisoire et incomplète ». Nous remercions Jean-François Stoffel pour l'indication de ce passage.

tivement, sans carence de démonstration, du fait de son évidence et de sa *simplicité*. En ce sens, le sens commun constitue la base universelle de toute connaissance, qu'elle soit *philosophique, religieuse, métaphysique, scientifique, mathématique* ou simplement *vulgaire*. La négation des principes justes *de ce* sens commun implique l'absurde et mine l'édifice de la connaissance érigé sur eux. Quelquefois, ce sens commun est appelé de manière indistincte *bon sens* ou, éventuellement, dans le cas de *La science allemande*, *simple bon sens*. Ce sens commun possède encore une facette empirique, lorsqu'il rappelle les lois dérivées directement de la pure observation. À condition d'être peu détaillées, de telles lois sont considérées comme également vraies et fixes, à la portée de tous.

2. Le *deuxième niveau*, de moindre occurrence dans les textes de l'auteur, provient des ajouts joints au premier niveau pour former la *connaissance commune*, de même qu'aujourd'hui nous nous référons à l'opinion moyenne partagée par un peuple, variable géographiquement et temporellement, donc, qui peut être illustré.

Dans cette deuxième acception, le sens commun *ne* peut être utilisé comme critère méthodologique pour l'évaluation de théories, mais, dans la première, si le sens commun est incapable d'indiquer positivement la construction complète d'un système théorique (métaphysique, physique et moral), en raison de son caractère universel et stable, il agit négativement et incidemment dans l'exclusion de ceux qui le contrarient. C'est précisément à cette acception, dans sa facette rationnelle, que Duhem fait appel dans ses critiques envers la science allemande.

3. Enfin, il y a le bon sens des spécialistes, passible de se perfectionner en esprit de finesse, variable entre eux, car découlant des apprentissages éventuels. C'est lui qui prédomine dans l'activité scientifique, en guidant le choix des hypothèses. Toutefois, parce qu'il opère dans une enceinte complexe vers laquelle convergent d'innombrables solutions possibles, il peut présenter un retard dans son affleurement. *Ce bon sens théorique ne s'identifie jamais à une quelconque acception du sens commun*.

L'identification entre sens commun et bon sens rencontrée dans la lettre à Récamier et entre sens commun et (simple) bon sens dans *La science allemande* n'est le résultat ni d'une erreur de transcription, comme le supposait Stoffel, ni d'une confusion conceptuelle malheureuse, ainsi qu'insistait Maiocchi : dans les moments où cette identification se produit, son référentiel conceptuel est le même, c'est-à-dire les principes invincibles qui fondent tout savoir. Rien ne

nous autorise à supposer que Duhem ait, à un moment, accepté l'idée selon laquelle l'opinion partagée par des profanes puisse être élevée au niveau de critère méthodologique pour juger des théories[27]. Au contraire, le bon sens théorique des scientifiques peut réformer le sens commun dans sa deuxième acception[28], mais il ne doit pas se superposer au sens commun dans sa première acception. Il n'est survenu aucun type de recul dans son exigence d'abstraction formelle, mais la mise à nu des *limites de son supposé conventionnalisme*.

Nous avons vu dans la section 5 que, dans *La science allemande*, les concepts de bon sens et de sens commun apparaissent directement liés à Pascal et à Descartes ; cependant, en général, ils (surtout le second) rapprochent notre philosophe du courant thomiste. Ceci nous amène à la conclusion suivante : avant d'insister sur un Duhem thomiste ou pascalien, nous préférons le classer en

27. L'ignorance des thèses défendues dans cet article a généré des problèmes récurrents de traduction. La version anglaise de *La science allemande* adopte des options questionnables. L'originel, *sens commun*, est invariablement et correctement traduit par *common sense* ; alors que *bon sens* est parfois traduit par *good sense* et parfois par *common sense*, produisant ainsi des conflits d'interprétation (comparer Duhem, 1915b, pp. 33-34, p. 43, p. 60, p. 71 et p. 88, avec, respectivement, Duhem, 1991b, p. 28, p. 35, p. 47, p. 55 et p. 67). Nous présumons que cette option résulte du fait que la traduction non technique la plus fréquente que *bon sens* reçoit dans langue anglaise est *common sense*. Un autre exemple peut être trouvé dans l'édition anglaise de *La théorie physique*, où nous lisons dans la préface, écrite par l'auteur pour la deuxième édition française, la traduction suivante : « [...] *but this frantic and hectic race in pursuit of a novel idea has upset the whole domain of physical theories, and has turned it into a real chaos where logic loses its way and common sense* [*bon sens*] *runs away frightened. Hence it has not seemed to us idle to recall the rules of logic and to vindicate the rights of common sense* [*bon sens*] » (Duhem, 1991a, p. XXXIV ; cf. Duhem, 1914). C'est cette traduction qui a surpris Agassi (1957, p. 243), qui a entrevu, dans la préface en question, une réprobation envers la relativité einsteinienne fondée sur le sens commun. À notre avis, si par *bon sens*, Duhem désigne ce fond de vérités universelles et immédiates, la traduction par *common sense* ne serait pas incorrecte (même si elle peut prêter à confusion), mais s'il s'agit du bon sens des spécialistes, naturellement, la traduction ne pourrait pas être *common sense*, comme c'est le cas dans l'introduction du même ouvrage, écrite par Jules Vuilleman, mais non traduite par lui, où l'on trouve le passage selon lequel Duhem « *appoints common sense as the judge fit to decide which hypotheses should be abandoned* » (Duhem, 1991a, p. XX). Par contre, le corps du texte, dont la traduction est plus fidèle aux thèses du philosophe, indique que le « *Good sense is the judge of hypotheses which ought to be abandoned* » (Duhem, 1991a, p. 216). L'original en français est *bons sens* et indique que le débat proprement scientifique est toujours bloqué entre les physiciens au nom du bon sens.
28. Pour illustrer ce point, quand nous disons qu'aujourd'hui le sens commun admet l'héliocentrisme, bien que dans l'Antiquité, il ait adopté le géocentrisme, nous faisons référence à la seconde acception du sens commun, qui peut être enrichi et modifié par la science. Mais la science physique est incapable d'invalider le sens commun dans sa pre-

tant que *philosophe du sens commun*. Notre classification sera *plus sûre*, à partir du moment où le sens commun inclut des éléments présents dans les philosophies de Pascal, d'Aristote et de Duhem[29] ; elle sera aussi cohérente par rapport à sa *théorie de la connaissance*, plus ample que sa *théorie de la science*, qu'elle englobe et sur laquelle elle interfère. Par exemple, après les analyses que nous présentons, il apparaît clairement, surtout dans les textes de maturité, que lors de la deuxième étape de la construction de la théorie physique, à savoir le choix des hypothèses, nous devons ajouter un quatrième critère aux trois déjà présentés dans *La théorie physique* (cf. Duhem, 1906, p. 363 ; cf. section 2.1) : [iv] *l'hypothèse choisie ne doit pas être en contradiction avec les principes évidents du sens commun ou du (simple) bon sens* (bien qu'elle puisse s'opposer aux opinions du profane et aux hypothèses des autres scientifiques).

Pour ces raisons, nous ne jugeons pas approprié de déprécier *La science allemande* en tant qu'œuvre malheureuse, vu qu'elle approfondit des sujets méthodologiques seulement ébauchés jusqu'à *La théorie physique* et qui, bien qu'autrefois peu déterminés, n'étaient jamais contradictoires. Il est certain que les lectures des publications de maturité peuvent être nuancées ; des qualifications plus modérées que celle de « contradiction », imputée au Français par Maiocchi, sont rencontrées aussi bien chez Brenner[30] (1990, p. 124), qui attribue à Duhem une « inconstance » caractéristique, que chez Martin (1991, p. 80), qui opte pour souligner un « changement de perspective » de la part de l'auteur. Je pense avoir mis en évidence, en ce qui concerne *spécifiquement* la notion de sens commun, une véritable « pomme de discorde » parmi les spécialistes, l'existence d'une *emphase chronologique croissante* octroyée à l'un de ses sens, déjà employé dans les pages de *L'évolution de la mécanique* et de *La théorie physique*. Selon moi, les mots de Jordan (1917, p. 36) destinés à *La science allemande* sont justes : « ce livre, né de la guerre, ne se ressent pas de la guerre ». De fait, la critique envers les Allemands ne résultait pas d'un accès de colère. Notre interprétation présente, d'ailleurs, quelques avantages supplémentaires : elle explique non seulement la critique (oubliée par les commenta-

mière acception, de laquelle surgit la loi suivante, fruit de l'observation directe : « À Paris, le Soleil se lève chaque jour à l'orient, monte dans le ciel, puis s'abaisse et se couche à l'occident » (Duhem, 1906, pp. 274-275). Le caractère immédiat et la généralité de cette loi garantissent sa véracité, même si les théories changent et/ou influencent l'opinion publique.

29. Nous n'avons pu, dans cet article, explorer en profondeur ces similarités qui, de notre point de vue, consisteraient en l'obtention et la certitude des premiers principes de la raison et dans la confiance attribuée aux sens.

30. Les références de Brenner (1990) à *La science allemande* ne dépassent pas la page indiquée.

teurs actuels) envers Ostwald, qui a troublé Rey et Meyerson ; mais également la censure d'Einstein, qui terrorisa Agassi et Gillies ; et finalement le passage obscur à la fin de la première partie de *La théorie physique*, dans lequel le principe de l'unité interthéorique est renvoyé au sens commun. Sans le recours au sens commun, il serait impossible à Duhem de fixer l'*objet* même de la théorie physique, en récusant l'incohérence et le pragmatisme de l'école anglaise.

Je pense que l'ancrage non équivoque du réalisme duhémien repose sur l'immédiateté du *sens commun*, lequel détermine à son tour une *méthodologie réaliste*, explicitement manifestée dans les lignes directrices correspondant au principe d'unité interthéorique et à l'idéal de classification naturelle. Sans de tels principes, la physique dégénérerait en utilitarisme de l'ingénierie. Ceci nous suggère une comparaison. Nous savons que dans *The logic of scientific discovery*, Popper (1935/2002, pp. 32-34) considéra sa méthodologie comme un jeu régi par certaines conventions (telles que la testabilité), lesquelles définiraient la science empirique elle-même. De telles conventions seraient irréductibles aux règles strictement logiques et composeraient, poursuit-il, une *théorie de la méthode* distincte de celles-ci. Duhem accepterait certainement que les règles méthodologiques soient distinguées de celles relevant de la logique. Toutefois, il ne nous est pas difficile de voir maintenant que les principales lignes directrices qui guident sa méthodologie ne sont pas des conventions arbitraires. Dérivant du sens commun, le principe d'unité interthéorique aussi bien que le principe de classification naturelle sont *spontanés*, car ils sont innés et irrésistibles. Le conventionnalisme méthodologique poppérien contraste profondément avec ce que l'on peut appeler le *réalisme méthodologique* duhémien. S'il est impossible de rapprocher Duhem du *pragmatisme heuristique de Poincaré*, qui proposait l'importation du pluralisme théorique sur le continent, nous devons également l'éloigner du *conventionnalisme poppérien*.

Bien que la théorie de la science duhémienne, pour ce qui a trait à l'analyse épistémologique et au recours constant à l'histoire des sciences, soit toujours d'actualité, sa théorie de la connaissance est restée entravée à bien des égards, en l'empêchant ainsi d'adhérer à des théories concurrentes. En adoptant l'apanage « d'apôtre du sens commun », Duhem se positionne en tant que défenseur d'une « méthodologie pérenne », ce qui explique ses infructueuses condamnations des théories de Maxwell, de la relativité et de l'atomisme. Il devient difficile d'estimer comment Duhem pourrait avoir accepté des idées telles que le *quantum* d'action de Planck et son utilisation, par Einstein, dans l'explication de l'effet photoélectrique ou, encore, le modèle atomique de Bohr (cf. Deltete & Brenner, 2004, p. 225). On peut en dire autant du principe d'incertitude,

énoncé par Heisenberg, et de l'interprétation de Copenhague de la mécanique quantique. Les réflexions duhémiennes sur la science allemande montrent qu'*à la base de sa sophistiquée théorie de la science repose une rudimentaire théorie de la connaissance qui la supporte et la restreint*. Ni l'accueil fait au faillibilisme scientifique ni les critiques envers l'inductivisme théorique, l'expérimentation cruciale ou l'apriorisme métaphysique n'ont éliminé complètement les vestiges du *fondationnalisme* de sa philosophie[31]. De par ses *aspirations*, sa méthodologie pousse à la recherche d'une science cohérente et réaliste, contre l'école anglaise ; de par ses *préceptes*, il oblige la science à respecter des principes trop simplistes, méprisés dans les théories allemandes. Les restrictions méthodologiques développées ici nous conduisent à réévaluer et à minimiser le conventionnalisme de l'auteur, tant en géométrie qu'en physique, dans la mesure où, nous le reconnaissons, il ne s'agit pas exclusivement de « sauver les apparences » par le biais de n'importe quelles conventions adéquates pour ce faire, mais aussi d'éviter la construction même de théories qui contredisent les préceptes universels et primitifs de la raison humaine. Sans leur méditation, aucun discours global sur la théorie scientifique de Duhem ne pourra être érigé. On pourrait penser que cette position anti-avant-gardiste résulte d'un simple *conservatisme au niveau scientifique*, d'un attachement à la tradition, quelque chose que Paul Painlevé (1893, p. 10) avait déjà avancé à propos des premiers travaux de Duhem. Mais affirmer cela, comme s'il agissait à la manière d'un *scientifique normal* à la défense de son paradigme thermodynamique, c'est rester à la surface du problème, en négligeant la *méthodologie orthodoxe du sens commun* sous-jacente qui limite sa *méthodologie théorique raffinée*. C'est de l'examen des *conditions de possibilité* de toute connaissance possible, préalable au débat scientifique, que provient le conservatisme de notre philosophe. Dans le sens commun duhémien, qui n'est pas le sens commun renouvelable, susceptible d'être éclairé et d'« allées et venues », tout semble s'arrêter, y compris la science.

Remerciements

Pour diverses raisons, qu'il serait trop long de détailler ici, je suis reconnaissant envers Osvaldo F. Pessoa Junior pour la direction de mon Master, dont la première partie a inspiré le présent article. J'exprime également ma reconnaissance envers José Chiappin et Michel Paty, pour leurs conseils et questionnements durant mon examen de qualifi-

31. Par « fondationnalisme » nous comprenons la théorie traditionnelle de la connaissance qui admet l'existence de croyances basiques, d'origine rationnelle et/ou expérimentale, inébranlables et fondamentales, qui n'ont pas besoin de justification, mais servent de fondement pour d'autres théories non fondamentales.

cation (2005), et envers Oswaldo M. Souza Filho, qui allait participer à la soutenance de ma dissertation (2007), pour les suggestions qui m'ont été faites lors de conversations privées. Je remercie également Axel Dieudonné pour son aide compétente et serviable à l'occasion de la traduction de ce texte et, avant tout, Jean-François Stoffel, pour ces observations méticuleuses qui contribuèrent énormément à l'amélioration du présent article et, en général, pour sa confiance, son partenariat et sa stimulation constante, d'une manière que je n'aurais jamais pu imaginer, voici seulement quelques années ! La version finale de cet article, mise à jour et sensiblement reconstruite, est le résultat partiel de ma recherche postdoctorale en cours, développée à l'Université de São Paulo.

Bibliographie

Agassi, J. (1957). Duhem versus Galileo. *The British journal for the philosophy of science*, 8(31), 237-248.

Bordoni, S. (2017). De Cournot à Duhem : la naissance d'une tradition critique. In J.F. Stoffel & S. Ben Ali (Eds.). *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016)* (pp. 59-93). Tunis : Université de Tunis.

Boudot, M. (1967). Le rôle de l'histoire des sciences selon Duhem. *Les études philosophiques*, 4, 421-432.

Brenner, A. (1990). *Duhem. Science, réalité et apparence : la relation entre philosophie et histoire dans l'œuvre de Pierre Duhem*. Paris : Vrin.

Brenner, A. (2003). *Les origines françaises de la philosophie des sciences*. Paris : Presses universitaires de France.

Brouzeng, P. (1987). *Duhem : science et providence*. Paris : Belin.

Davis, P., & Hersh, R. (1981). *The mathematical experience*. Boston : Birkhäuser.

Deltete, R., & Brenner, A. (2004). Pierre Duhem : « Mixture and chemical combination and related essays » (edited and translated, with an introduction, by P. Needham). *Foundations of chemistry* 6, 203-232.

Deltete, R. (2012). Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932). In A. Woody & R. Hendry & P. Needham (Eds.). *Handbook of the philosophy of science* (vol. 6, Philosophy of chemistry) (pp. 101-111). North Holland : Elsevier.

Devaille, J. (1911). Analyses et comptes rendus. *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 36(71), 313-319.

Dmitriev, A. (2002/2004). La mobilisation intellectuelle : la communauté académique internationale et la Première Guerre mondiale. *Cahiers du monde russe*, 43, 617-644.

Domet de Vorges, C. (1892). Bulletin philosophique (VI). *La science catholique : revue des questions religieuses*, 6(7), 643-657.

Duhem, P. (1892a). Quelques réflexions au sujet des théories physiques. *Revue des questions scientifiques*, 16(31), 139-177.

Duhem, P. (1892b). Commentaire aux principes de la thermodynamique. 1re partie : Le principe de la conservation de l'énergie. *Journal de mathématiques pures et appliquées*, 8(3), 269-330.

Duhem, P. (1893a). Physique et métaphysique. *Revue des questions scientifiques*, 17(34), 55-83.

Duhem, P. (1893b). L'école anglaise et les théories physiques. *Revue des questions scientifiques*, 17(34), 345-378.

Duhem, P. (1894). Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale. *Revue des questions scientifiques*, 18(36), 179-229.

Duhem, P. (1896a). L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours. *Revue des questions scientifiques*, 20(40), 463-499.

Duhem, P. (1896b). Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques. *Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 5(2), 1-207.

Duhem, P. (1897). *Traité élémentaire de mécanique chimique fondée sur la thermodynamique* (vol. 1). Paris : Hermann.

Duhem, P. (1901). Sur quelques extensions récentes de la statique et de la dynamique. *Revue des questions scientifiques*, 25(50), 130-157.

Duhem, P. (1902a). *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell : étude historique et critique*. Paris : Hermann.

Duhem, P. (1902b). *Le mixte et la combinaison chimique : essai sur l'évolution d'une idée*. Paris : C. Naud.

Duhem, P. (1903). *L'évolution de la mécanique*. Paris : Joanin.

Duhem, P. (1905). Physique de croyant. *Annales de philosophie chrétienne*, 151(1), 44-67 ; 151(2), 133-159.

Duhem, P. (1906). *La théorie physique : son objet, sa structure*. Paris : Chevalier & Rivière.

Duhem, P. (1908a). La valeur de la théorie physique : à propos d'un livre récent. *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 19(1), 7-19.

Duhem, P. (1908b). *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*. Paris : Hermann.

Duhem, P. (1909). *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*. Montligeon : Librairie de Montligeon.

Duhem, P. (1911). *Traité d'énergétique ou de thermodynamique générale* (vol. 1). Paris : Gauthier-Villars.

Duhem, P. (1913-1914). *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* (vol. 1-2). Paris : Hermann.

Duhem, P. (1914). *La théorie physique : son objet, sa structure*. (2e édit., revue et augmentée). Paris : Chevalier & Rivière. (édit. originale : 1906).

Duhem, P. (1915a). Quelques réflexions sur la science allemande. *Revue des deux mondes*, 25, 657-686.

Duhem, P. (1915b). *La science allemande*. Paris : Hermann.

Duhem, P. (1916). Science allemande et vertus allemandes (pp. 137-152). In G. Petit & M. Leudet (Eds.). *Les Allemands et la science*. Paris : Félix Alcan.

Duhem, P. (1917). Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem. *Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 7(1), 40-169.

Duhem, P. (1984). *Études sur Léonard de Vinci : ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu* (vol. 2). Paris : Éditions des Archives contemporaines. (édit. originale : 1909).

Duhem, P. (1991a). *The aim and structure of physical theory* (trad. P. Wiener). Princeton : Princeton University Press. (édit. originale : 1914).

Duhem, P. 1991b. *German science* (trad. J. Lyon). La Salle : Open Court. (édit. originale : 1915).

Duhem, P. (2016). *La théorie physique : son objet, sa structure*. (édit. électronique, présentation et notes par S. Roux). Lyon : ENS Éditions. (édit. originale : 1914).

Gardeil, A. (1910). *Le donné révélé et la théologie*. Paris : Victor Lecoffre & Gabalda.

Garrigou-Lagrange, R. (1909). *Le sens commun, la philosophie de l'être et les formules dogmatiques*. Paris : Beauchesne.

Garrigou-Lagrange, R. (1914). *Dieu, son existence et sa nature : solution thomiste des antinomies agnostiques*. Paris : G. Beauchesne.

Gillies, D. (1993). *Philosophy of science in the Twentieth Century : four central themes*. Oxford ; Cambridge : Blackwell

Hilbert, M. (2000). *Pierre Duhem and neo-Thomist interpretations of physical science* / a thesis submitted [...] for the degree of Doctor of Philosophy. University of Toronto : Graduate Department of the Institute for the History and Philosophy of Science and Technology. (non publié).

Ivanova, M. (2010). Pierre Duhem's good sense as a guide to theory choice. *Studies in history and philosophy of science*, 41, 58-64.

Jaki, S. (1984). *Uneasy genius : the life and work of Pierre Duhem*. The Hague ; Boston ; Lancaster ; Dordrecht : Martinus Nijhoff Publishers.

Jaki, S. (1987). Le physicien et le métaphysicien : la correspondance entre Pierre Duhem et Réginald Garrigou-Lagrange. *Actes de l'Académie nationale des sciences, belles-lettres et arts de Bordeaux*, 12, 93-116.

Jaki, S. (1991a). *Scientist and catholic : Pierre Duhem*. Front Royal (VA) : Christendom Press.

Jaki, S. (1991b). Introduction. In P. Duhem. (1991b). *German science* (pp. XIII-XXV). La Salle : Open Court.

Jordan, É. (1917). Pierre Duhem. *Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 7(1), 9-39.

Lalande, A. (1944). *Las teorías de la inducción y de la experimentación* (trad. J. Ferrater Mora). Buenos Aires : Editorial Losada. (édit. originale : 1921).

Leite, F. (2007). *A metodologia do senso comum : um estudo da metodologia científica de Pierre Duhem* / dissertação apresentada [...] para a obtenção do título de mestre em filosofia. São Paulo : Universidade de São Paulo ; Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas ; Departamento de filosofia. (non publié).

Leite, F. (2012). *Um estudo sobre a filosofia da história e sobre a historiografia da ciência de Pierre Duhem* / tese apresentada [...] para a obtenção do titulo de doutor em filosofia. São Paulo : Universidade de São Paulo ; Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas ; Departamento de filosofia. (non publié).

Leite, F. (2016). Sobre las relaciones epistemológicas entre la física teórica y la metafísica en la obra de P. Duhem. In V. Márquez (Ed.). *Pierre Duhem: entre física y metafísica* (pp. 89-123). Barcelona ; Ciudad Juárez : Anthropos Editorial ; Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Leite, F. (2017). Quelques notes sur le prétendu réalisme structurel attribué à Pierre Duhem. In J.F. Stoffel & S. Ben Ali (Eds.). *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016)* (pp. 123-164). Tunis : Université de Tunis.

Lénine, V. (1967). *Materialismo y empiriocriticismo : notas críticas sobre una filosofía reaccionaria*. México : Editorial Grijalbo. (édit. originale : 1909).

Maiocchi, R. (1985). *Chimica e filosofia : scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*. Firenze : La Nuova Italia.

Maiocchi, R. (2004). De l'importance du phénoménalisme de Pierre Duhem : à propos d'un livre récent. *Revue philosophique de Louvain*, 102(3), 505-512.

Maritain, J. (1921). *Éléments de philosophie. I : Introduction générale à la philosophie*. (6e édition). Paris : Pierre Téqui. (édit. originale : 1920).

Maritain, J. (1948). *Distinguer pour unir ou les degrés du savoir*. (5e édit., revue et augmentée). Paris : Desclée De Brouwer. (édit. originale : 1932).

Martin, R. N. D. (1987). Saving Duhem and Galileo : Duhemian methodology and the saving of the phenomena. *History of science*, 25, 301-319.

Martin, R. N. D. (1991). *Pierre Duhem : philosophy and history in the work of a believing physicist*. La Salle : Open Court.

Mentré, F. (1992a). Pierre Duhem, le théoricien (1861-1916). *Revue de philosophie*, 29(5), 449-473.

Mentré, F. (1992b). Pierre Duhem, le théoricien (1861-1916). *Revue de philosophie*, 29(6), 608-627.

Mercier, D. (1918). *Critériologie générale ou théorie générale de la certitude* (vol. 4) (7e édit.). Louvain ; Paris : Institut supérieur de Philosophie ; Félix Alcan. (édit. originale : 1906).

Meyerson, É. (1908). *Identité et réalité*. Paris : Félix Alcan.

Munnynck, P. M. de (1908). Cosmologie. *Revue des sciences philosophiques et théologiques*, (1), 134-146.

Olguín, R. (2017). « Bon sens » and « noûs ». *Transversal : international journal for the historiography of science*, 2, 112-126.

Oravas, G. (1980). Introduction. In P. Duhem, *The evolution of mechanics* (trad. M. Cole) (pp. IX-XXXIII). The Netherlands : Sijthoff & Noordhoff. (édit. originale : 1903).

Ostwald, W. (1895). La déroute de l'atomisme contemporain. *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 6(21), 954-958.

Painlevé, P. (1893). Compte rendu de P. Duhem : « Leçons sur l'électricité et le magnétisme ». *Bulletin des sciences mathématiques*, 17, 5-16.

Pascal, B. (1854). De l'esprit géométrique. In C. Jourdain (Ed.). *Logique de Port-Royal, suivie des trois fragments de Pascal sur l'autorité en matière de philosophie, l'esprit géométrique et l'art de persuader. [Par Antoine Arnauld avec la collaboration de Pierre Nicole] Avec une intro. et des notes par Charles Jourdain* (pp. 343-358). Paris : Hachette.

Pascal, B. (1963), *Œuvres complètes* (préface d'H. Gouhier ; présentation et notes de L. Lafuma). Paris : Éditions du Seuil.

Paty, M. (2003). A ciência e as idas e voltas do senso comum. *Scientiae Studia*, 1(1), 9-26.

Peillaube, É. (1919). Nécrologie : Pierre Duhem (1861-1916). *Revue de philosophie*, 26(4), 457-462.

Picard, É. (1921). *La vie et l'œuvre de Pierre Duhem, membre de l'Académie*. Paris : Gauthier-Villars.

Pierre-Duhem, H. (1936). *Un savant français : Pierre Duhem*. Paris : Librairie Plon.

Popper, K. (2002). *The logic of scientific discovery*. London ; New York : Routledge. (édit. originale : 1935).

Rasmussen, A. (2004). La « science française » dans la guerre des manifestes, 1914-1918. *Mots. Les langages du politique*, 4(76), 9-23.

Rey, A. (1904). La philosophie scientifique de M. Duhem. *Revue de métaphysique et de morale*, 12, 699-744.

Rey, A. (1907). *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*. Paris : Félix Alcan.

Stoffel, J.F. (2002). *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*. Bruxelles : Académie Royale de Belgique.

Stoffel, J.F. (2007). Pierre Duhem : un savant-philosophe dans le sillage de Blaise Pascal. *Revista portuguesa de Filosofia*, 63, 275-307.

Stoffel, J.F. (2017). L'interprétation de l'« affaire Galilée » élaborée par Paul Mansion a-t-elle influencé Pierre Duhem ? In M. Fortino (Ed.). *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1916-2016)* (pp. 153-184). Canterano (RM) : Aracne.

Stump, D. (2007). Pierre Duhem's virtue epistemology. *Studies in history and philosophy of science*, 38(1), 149-159.

Vicaire, É. (1893). De la valeur objective des hypothèses physiques. *Revue des questions scientifiques*, 17(33), 451-510.

Vuilleman, J. (1991). Introduction (trad. T. Waterbury & M. Debevoise). In P. Duhem, *The aim and structure of physical theory* (trad. P. Wiener) (pp. XV-XXXIII). Princeton : Princeton University Press. (édit. originale : 1914).

Revue des Questions Scientifiques, 2019, 190 (1-2) : 151-180

La diffusion des sciences au XIXe siècle et l'Église catholique

L'abbé Moigno (1804-1884) et Mgr d'Hulst (1841-1896)

Olivier Perru
Sciences, Société, Historicité, Éducation, Pratiques
Université de Lyon
Université Lyon 1
olivier.perru@univ-lyon1.fr

Résumé. – Cet article compare deux auteurs catholiques du XIXe siècle, l'abbé Moigno et Mgr d'Hulst, qui donnèrent chacun leur vision du rapport entre la religion catholique et le développement des sciences au XIXe siècle. L'abbé François Moigno (1804-1884) est à situer dans le mouvement de diffusion des sciences qui prit de l'ampleur dans la seconde moitié du siècle. Il apparaît comme promouvant une sorte de pluridisciplinarité dans un contexte où, en fait, les disciplines scientifiques ne sont pas encore complètement mûres ni différenciées. S'il est moins engagé dans la diffusion des sciences, Mgr d'Hulst (1841-1896) s'efforça par sa réflexion et son action (l'organisation des congrès des scientifiques catholiques) d'améliorer la possible complémentarité entre sciences expérimentales, philosophie et théologie. À ce titre, il œuvra sans doute davantage dans un sens interdisciplinaire. Ces deux intellectuels se heurtèrent néanmoins à un obstacle méthodologique de taille : l'importance de l'apologétique. C'est ainsi qu'ils furent confrontés à la question de la « science catholique » héritée de la pensée de Lamennais.

Abstract. – This article compares two 19th-century Catholic authors, Abbot Moigno and Monsignor d'Hulst, who each imparted their views on the relationship between the Catholic religion and the expansion of science in the 19th century. Abbot François Moigno (1804-1884) was part of the popularization of science movement, which gained momentum in the second half of the century. He seems to promote a kind of multidisciplinary approach in a context where, in fact, scientific disciplines are not yet fully developed or differentiated. Although less committed to the dissemination of scientific knowledge, Mgr d'Hulst (1841-1896) endeavoured, through his thoughts and actions (organising congresses for Catholic scientists), to improve the possible complementarity between experimental science, philosophy and theology. As such, his work was probably more interdisciplinary. These two intellectuals nevertheless encoun-

tered a major methodological obstacle: the importance of apologetics. They were thus confronted by the question of « Catholic science » inherited from Lamennais' thinking.

Mots-clés. – Moigno, François — d'Hulst, Maurice — Physique (histoire de la) — Religion (science et) — Catholicisme (science catholique) — XIXe siècle

Plan de l'article

1. Introduction

Les ecclésiastiques pratiquant les sciences au XIXe siècle ne furent pas tous des enseignants ou des apologètes qui auraient été soucieux de récupérer la science dans le giron de la religion ; ils ne furent pas des ignorants ni des attardés, loin de là. Nous trouvons des exemples de grands scientifiques catholiques dont l'intention était de faire de la science : aucune théologie naturelle chez Mendel, pas d'apologétique chez le Père Secchi, astronome romain de la compagnie de Jésus. Il y eut au plus et parfois chez ces grands savants quelques traces d'une mise en relation entre science et foi. Cependant, il faut rappeler qu'au XIXe siècle, ces clercs, scientifiques de premier plan comme Mendel ou le P. Secchi, sont une infime minorité. En France, les quelques savants chrétiens de premier plan pendant la première moitié du XIXe siècle sont tous des laïcs : Ampère, Thénard, Fresnel, Cauchy, Le Verrier… Les ecclésiastiques figurant au second plan de la recherche scientifique sont soit des prêtres intéressés par la science avec une intention apologétique, leur nombre augmente à mesure que s'avance la seconde moitié du siècle ; soit des religieux et prêtres enseignants. Ils sont de loin les plus nombreux tant sont grands les besoins en enseignement et diffusion des sciences, à tous les niveaux, au XIXe siècle. Il faut d'ailleurs leur adjoindre ceux qui, comme Moigno, font du journalisme et de la diffusion des sciences avant l'heure.

On comprend donc déjà que, s'il y eut quelques grands savants chrétiens qui s'efforcèrent d'harmoniser dans leur vie, leur science et leur attitude religieuse, comme ce fut le cas d'Ampère, il y eut aussi de très nombreux scientifiques de second rang, qui vinrent à la science par l'enseignement et l'éducation, parfois par un souci apologétique, et qui participèrent aux travaux (généralement fort valables) des sociétés savantes et à l'inventaire du monde vivant tel qu'il se pra-

tiquait à l'époque. Chez tous ces laïques et religieux chrétiens, les motivations de pratiquer la science furent très variables et le souci du rapport à établir entre science et foi, encore plus fluctuant. Il est difficile de donner une conclusion générale sur le rapport entre science, raison et religion, en particulier pour les prêtres ou religieux du XIXe siècle qui firent de l'enseignement, de la recherche, de la diffusion des sciences.

Dans cet article, nous examinerons l'attitude et la réflexion de deux prêtres parisiens, l'abbé Moigno (1804-1884) qui fut journaliste et contribua à diffuser les sciences et leurs applications technologiques dans les milieux catholiques, et Mgr d'Hulst (1841-1896), recteur de l'Institut catholique de Paris et qui s'efforça par sa réflexion et son action d'améliorer la compatibilité entre science, métaphysique et religion[1]. Nous pourrions supposer une interdisciplinarité dans leur manière d'envisager la science comme objet : chez Moigno, la « science » regroupe en réalité de multiples disciplines de la physique et leurs applications, mais le mouvement de spécialisation des disciplines scientifiques n'est pas complètement abouti à l'époque. Un journaliste et pédagogue comme Moigno semblerait d'emblée se situer dans l'interdisciplinarité, mais affirmer cela ne serait-il pas faire un anachronisme ? Comment parler d'interdisciplinarité à l'époque lorsque les disciplines scientifiques, telles que nous les connaissons aujourd'hui, n'existent pas encore ? D'un autre côté une diffusion des sciences et de leurs résultats à grande échelle n'est-elle pas d'emblée pluridisciplinaire, et peut-être interdisciplinaire ? Mais l'interdisciplinarité peut aussi se situer dans le dialogue entre idées scientifiques et approches métaphysiques : c'est ce que s'efforçait de faire Mgr d'Hulst dans plusieurs publications[2].

Entre l'abbé Moigno et Mgr d'Hulst, les contextes institutionnels sont complètement différents. Moigno est assez isolé, il a été exclu des jésuites en 1844 et est un clerc mal intégré dans le clergé parisien ; ses initiatives et ses travaux n'impliquent ni institution ni collaboration structurelle, il a simplement quelques relations avec des scientifiques, comme Cauchy ou Arago, et il parle des sciences avec une vraie compétence, mais qui est individuelle et non relative à un travail d'équipe. Mgr d'Hulst, au contraire, est le recteur d'une institu-

1. Dans cette dernière perspective, il faudrait aussi situer l'abbé Paul de Broglie (1834-1895) qui enseigna l'apologétique à l'Institut catholique de Paris à la même époque et qui s'inscrivait dans une démarche semblable.
2. Nous pouvons nous demander si Moigno et Migne n'auraient pas mérité d'être analysés en parallèle, comme illustrant deux attitudes bien typées à l'égard de la science, l'une faisant l'apologie des progrès scientifiques, l'autre s'en tenant à un point de vue théologique, toutes deux allant dans le sens d'une diffusion des connaissances.

tion nouvelle, créée en 1875, l'Institut catholique de Paris et lorsqu'il parle des sciences, il le fait sur un plan philosophique et théologique et se réfère aux travaux des scientifiques et apologètes catholiques qui travaillent en relation avec lui, comme Branly, Albert de Lapparent ou encore l'abbé de Broglie. Moigno vulgarise et diffuse les sciences physiques, Mgr d'Hulst analyse le rapport entre foi et science sous un angle théologique. Au-delà de ces deux personnages se profilent plusieurs questions sur la relation entre sciences et religion au XIX[e] siècle. Cette relation semble s'incarner dans des personnes, des chrétiens, qui n'éprouvèrent aucune difficulté à pratiquer leur foi et à travailler les sciences. Leur vie ne peut-elle pas apparaître comme une démonstration de la compatibilité entre foi et sciences ? Leur démarche fut-elle pour autant vraiment interdisciplinaire ? L'approfondissement de la relation entre les sciences physiques, la métaphysique et la théologie semble s'être fait souvent à l'intérieur d'un seul regard : si Moigno voit surtout l'intérêt des sciences et techniques du côté de l'amélioration des conditions de vie et sans poser trop de questions apologétiques ou théologiques (sauf par exemple, dans *L'Impossibilité du nombre infini et ses conséquences : démonstration mathématique du dogme de la récente apparition des mondes*, en 1864 ou dans la préface de *Constitution de la matière et de ses mouvements : nature et cause de la pesanteur*, en 1869), Mgr d'Hulst (comme d'ailleurs l'abbé Farges) essaie de tirer le développement des sciences physico-chimiques du côté de l'ontothéologie scolastique. On le voit, avant de parler d'une démarche interdisciplinaire, il faut demeurer prudent.

Ces travaux du XIX[e] siècle sur les relations foi - sciences sont enracinés dans la notion mennaisienne de « science catholique ». Selon Lamennais, la connaissance naturelle et la connaissance de foi sont déterminées par le fini et l'infini. Mais ces deux activités de connaissances sont cependant destinées à être unies tout en les distinguant. Lamennais suppose que le rapport à l'infini assume la connaissance du fini. « La science et la foi sont donc unies par un lien naturel et indissoluble. Point de conception sans foi, point de foi sans un commencement de conception ou de science » (Lamennais, 1831, p. 77). Mais l'idée que la science puisse emprunter son caractère général et ses raisons à la foi nous paraît aujourd'hui contestable. L'ordre de la connaissance du fini à celle de l'infini est déjà difficile à admettre et on ne saurait poser a priori que les connaissances scientifiques aient un ordre à la foi. Pourquoi Lamennais tient-il ce raisonnement ? Probablement pour justifier la nécessité d'inventer une « science catholique » qui sera reprise constamment par les milieux chrétiens au long du XIX[e] siècle. Lier la science et la foi, d'une manière absolue, « d'un lien indissoluble », demeure dangereux : on s'apercevra vite que la foi n'assume pas n'importe quelle science. C'est l'homme scientifique qui est (peut-être)

sujet sous des rapports différents de la science et de la foi, d'où la nécessité de trouver un équilibre. Trop absolues, les affirmations de Lamennais pouvaient aboutir à tirer la foi du côté de la science, ou à la conséquence inverse.

L'enjeu est donc la tentative de créer une « science catholique », tentative qu'on trouve ici sous la plume de Lamennais, mais qui est assez répandue au XIXe siècle :

> « La science catholique est donc à créer, et c'est elle qu'attend l'esprit humain, fatigué de l'insuffisance et du désordre de la science actuelle. Des notions certaines de la foi sortira tôt ou tard et peut-être bientôt un système général d'explication, une véritable philosophie conforme au besoin des temps, qui, fondée sur les lois constitutives de l'intelligence, ramènera les divers ordres de connaissance à l'unité, en montrant qu'animées, en quelque manière, de la même vie, dépendantes des mêmes principes, les moins élevées ont leur raison et leur fondement dans les plus hautes, et en unissant ainsi de nouveau et plus étroitement ce qu'unit à jamais la nature des choses, la croyance et la conception, Dieu et l'univers » (Lamennais, 1831, p. 79).

En réalité, Lamennais se trompe, la foi n'est pas faite pour fournir une philosophie, contrairement à ce que l'on a cru pendant des siècles avec la scolastique. La philosophie est une recherche de l'intelligence humaine, qui, si elle le peut et dans un ultime effort, tente un accord avec la foi. La foi peut assumer une métaphysique, mais elle n'a pas vocation à unifier les divers ordres de la connaissance. L'objet et les méthodes de la science restent évidemment extérieurs au domaine de la foi[3]. Ces positions de Lamennais marquèrent durablement les catholiques au XIXe siècle, on en retrouve des éléments dans les travaux et l'action de Moigno, mais également chez Mgr d'Hulst.

2. L'abbé Moigno

Parmi les prêtres qui firent du journalisme et initièrent une diffusion ou une vulgarisation des sciences, la figure de proue fut l'abbé François-Napoléon Moigno (1804-1884). L'abbé Moigno — qui fut un ami de l'abbé Caselli (1814-1891), l'inventeur du *pantélégraphe* ou télégraphe universel dans les années 1860 — a été mathématicien et physicien ; il entra d'abord chez les jésuites et il y demeura de 1822 à 1843, après avoir été professeur de mathématiques au

3. Sur la position de Lamennais en matière de science catholique, voir Perru, 2014.

collège Sainte-Geneviève. Dans son *Dictionnaire universel des contemporains*, Gustave Vapereau décrit cette période de la vie de Moigno :

> « La Compagnie de Jésus, à laquelle il était lié par ses vœux, lui donna, en 1836, une chaire de mathématiques dans la maison de la rue des Postes, à Paris. Dès lors commença pour l'abbé Moigno une vie très active et pleine des travaux les plus variés. Il menait tout de front : leçons de chaque jour, stations de Carême et d'Avent, sermons détachés, retraites, nombreux articles de discussion religieuse dans *L'Univers* et *L'Union catholique* (1840), fondation d'œuvres de bienfaisance. Ses succès lui firent nouer des relations suivies avec MM. Cauchy, Ampère, Arago, Binet, Beudant, Thénard et Dumas, qui fut son maître et resta son ami. Son vaste savoir, aidé d'une mémoire prodigieuse, aurait dû le rendre une des lumières de son ordre. Il en fut autrement. Pendant la publication de ses *Leçons de calcul différentiel et intégral* (Moigno, 1840, 2 vol. in-8), un des traités les plus complets qui aient été faits sur cette matière, le P. Boulanger, supérieur des jésuites, ordonna à l'abbé Moigno de suspendre ses recherches scientifiques et d'aller enseigner l'histoire et l'hébreu au séminaire de Laval. Celui-ci résista, et, après quatre ans de luttes sourdes et de tracasseries, il aima mieux sortir de l'ordre que d'interrompre le cours de ses études favorites » (Vapereau, 1870, p. 1286).

Michel Lagrée donne une autre version, plus précise et réaliste, de cette rupture entre Moigno et les jésuites. Moigno était compromis avec Achille Jouffroy d'Abbans (1785-1859) dans un montage financier relatif à un projet de propulsion par pattes articulées pour les bateaux à vapeur[4]. Le projet échoua et les autorités jésuites, « pour éviter le scandale, ont dû proposer une transaction financière, contre l'éloignement de Moigno au noviciat de Laval » (Lagrée, 1989, p. 169). Moigno refusa cette affectation, revint à Paris, et fut relevé de ses vœux.

Ce qu'on souligne le plus souvent est qu'il entretint une ample correspondance avec les savants de son temps. Dans la deuxième partie de sa vie, après 1848, il fut éditeur scientifique, il fonda en 1852 la revue *Cosmos*, puis *Les Mondes : Revue hebdomadaire des sciences*. Il est surtout connu comme diffuseur et vulgarisateur des sciences mathématiques et physiques. Il est donc typique de ces prêtres enseignants qui s'enthousiasmèrent pour les sciences formelles et physiques et qui diffusèrent la connaissance scientifique par des livres

4. Sur la propulsion des bateaux à vapeur vers 1840 et le projet de Jouffroy, Moigno, Cauchy, voir Lagrée 1999, chap. 9. L'idée de créer un bateau reposant sur des pattes articulées reposait sur l'imitation du Créateur, le modèle naturel étant le cygne.

et des revues, tout en tentant de ramener les sciences dans les limites imposées à l'époque par la hiérarchie catholique. Moigno traduisit de l'anglais divers ouvrages de physique, par exemple les traités de John Tyndall sur la radiation, sur la lumière, sur le son ou sur la chaleur. Il faut d'ailleurs bien noter l'étendue des travaux de Moigno, à la fois travaux de rédaction scientifique dans les journaux et de production de manuels scientifiques dont l'édition des *Leçons de calcul différentiel et intégral* (1840) et les *Leçons de mécanique analytique* (1868).

Dans *Esquisses et croquis parisiens : petite chronique du temps présent*, le journaliste Bernadille propose une description assez pittoresque de l'activité parisienne de l'abbé Moigno ; le titre de l'article est *Un type de savant de la vieille roche : l'abbé Moigno*, le texte est daté de décembre 1872, mais le recueil d'où il est tiré fut publié chez Plon en 1876 (Bernadille, 1876)[5]. La lecture de cet article est presque une distraction et son historicité est fondée, même si l'auteur a raconté le personnage de Moigno avec humour et que certains traits ont été un peu exagérés :

> « La salle du Progrès a été ouverte, il y a quelques semaines, par M. l'abbé Moigno, à qui M. Dumas le chimiste rendait dernièrement ce témoignage, en pleine Académie, qu'il marche, depuis près d'un demi-siècle, à la tête du mouvement scientifique en France. C'est une grosse entreprise que celle-là. M. l'abbé Moigno, avec l'aide des collaborateurs dont il s'est entouré, entreprend d'y faire quotidiennement des cours de science illustrée qui embrasseront toutes les branches des connaissances humaines : chimie, physique, histoire naturelle, histoire universelle, géographie, que sais-je encore, accompagnés de toutes les démonstrations et de toutes les expériences qui peuvent ajouter à la clarté et à l'intérêt des leçons, saupoudrés même, à certains jours, de musique destinée à dorer la pilule pour ceux qui ne consentent à s'instruire qu'à la condition de s'amuser. Telle est la lourde affaire que M. l'abbé Moigno, à l'âge de près de soixante-neuf ans, vient de prendre sur ses épaules, avec la vaillance et la foi qui le caractérisent » (Bernadille, 1876, pp. 96-97).

Si on lit le texte entre les lignes, on en perçoit tout le caractère ironique, mais qui en même temps décrit assez bien Moigno. On a là un abbé encyclopédiste en plein XIXe siècle ; on pourrait d'ailleurs se demander si Moigno tient plus de l'abbé de salon du temps des encyclopédistes ou d'un clerc prolétaire révélant un déclassement social digne d'un roman de Victor Hugo. Comme d'autres

---

5. François-Victor Fournel dit Bernadille (1829-1894) fut un journaliste et érudit passionné par l'histoire du vieux Paris. Voir *Bulletin de la Société de l'Histoire de Paris et de l'Île de France*, 1895, pp. 100-101.

vulgarisateurs de la même époque, Moigno n'intégrera pas la professionnalisation dans laquelle la science s'engage dans la deuxième moitié du XIXe siècle. Moigno est très compétent en mathématiques et dans diverses sous-disciplines de la physique, il est intelligent et il a compris la nécessité pour l'Église de s'intéresser à la science. Mais il restera un peu en dehors de la structuration spécialisée et institutionnelle des disciplines scientifiques. Voilà peut-être pourquoi Bernadille le qualifie de *savant de la vieille roche*, même si ce n'est pas uniquement péjoratif et même si tout le monde s'accorde à reconnaître, à l'époque, que Moigno est incontestablement un homme de haute culture scientifique.

La suite du texte frise la caricature :

> « Ce qu'il y a de plus curieux à la salle du Progrès, ce ne sont pas les cours, mais leur fondateur. Vous apercevrez tous les soirs sur l'estrade, même lorsqu'il ne professe pas, un vieillard en lunettes, un peu voûté, à figure douce, couronnée d'abondants cheveux blancs, à la parole aussi douce que sa figure. Ce prêtre, d'allures si simples et si modestes, est M. l'abbé Moigno, l'ami d'Arago, de Cauchy, d'Ampère, de Thénard, l'ancien collaborateur scientifique de l'*Époque*, du *Pays*, de la *Presse*, le fondateur du *Cosmos* et des *Mondes*, [...] le plus infatigable vulgarisateur de la science que notre époque ait produit » (Bernadille, 1876, pp. 96-97).

Cette réputation d'écrivain, d'ami des savants et de vulgarisateur fut tout de même méritée et elle porte les marques d'une certaine authenticité. Moigno fut vraiment un pionnier de la diffusion des sciences sous le Second Empire, nous allons avoir l'occasion de le montrer :

> « L'abbé Moigno ressemble beaucoup à cet abbé de Molières dont Chamfort nous a conté l'histoire[6]. Tout est ouvert chez lui ; les voleurs peuvent venir et fouiller les tiroirs à leur aise [...]. Pourvu qu'ils ne dérangent pas les papiers, c'est tout ce qu'on leur demande. L'abbé Moigno habite une maisonnette qui s'accroche aux flancs de l'église Saint-Germain des Prés. [...] Il trouve le temps de dire régulièrement son bréviaire en rédigeant les *Mondes*, en écrivant les

6. Joseph Privat de Molières (1677-1742) fut, en son temps, physicien et rédacteur de livres et manuels qui diffusèrent les connaissances de la physique cartésienne dans la première moitié du XVIIIe siècle. Oratorien, disciple de Malebranche, il fut adjoint, puis associé à l'Académie des sciences de 1721 à sa mort en 1742. Il laissa la réputation d'un abbé mathématicien solitaire et ascétique. Voir *La clef du cabinet des souverains*, n° 132, 12 prairial an V, 31 mai 1797.

> *Leçons de mécanique analytique* (Moigno, 1868)[7], en préparant ses cours, et il n'a jamais songé que ses travaux transcendants pussent l'autoriser à demander une dispense quelconque. [...] Après dix minutes de recherches, on parvient généralement à découvrir M. l'abbé Moigno, qui ne sort jamais que pour ses conférences, qui ne met pas les pieds dans le monde, mais qui, parfois, descend au jardin ou monte, par un escalier situé au fond de son bureau, dans sa chambre à coucher, — cette fameuse chambre fracassée par un obus prussien, le 20 janvier 1871, tandis que M. l'abbé Moigno se tenait debout sur le seuil, une bougie à la main... » (Bernadille, 1876, pp. 96-97).

Nous ne reprenons pas l'intégralité de la description qui se passe de tout commentaire. Même si on conçoit que ce genre de vie peut favoriser un travail intellectuel et un approfondissement personnel intenses, ce type de personnage qui existe encore à l'époque, que ce soit dans l'Église ou dans le monde laïc, semble déjà en dehors de son temps. L'ironie de l'auteur perce sous la description d'ailleurs bienveillante qu'il nous livre, à travers l'image d'une sorte de Diogène, d'un prêtre-savant, qui par définition, devrait vivre hors du monde. Or, c'est tout le contraire qui va se passer dans les années 1880-1900, la science se définira de plus en plus par l'expérimentation et par des moyens techniques, par le laboratoire et non plus par le bureau ou le cabinet du savant, par le travail en équipe et non plus solitaire, par l'institutionnalisation de la recherche. De plus, elle se définira au plan socioprofessionnel et non pas par une vie d'ascète mêlant science et religion et fonctionnant en dehors de toute norme sociale. Certes 1872 n'est pas encore 1904, mais le type d'engagement intellectuel, éducatif ou enseignant d'un prêtre comme Moigno commençait à faire débat dès les années 1870... Ceci dit, Moigno fut quand même un des pionniers de la diffusion des sciences et un homme de grande culture scientifique, vénéré de son temps, cherchant à harmoniser science et foi. Examinons donc son œuvre. Et replaçons-la dans « l'essor de la vulgarisation au XIXᵉ siècle », pour reprendre le titre d'un article de Bernadette Bensaude-Vincent. Dans cet article, Bernadette Bensaude-Vincent distingue deux entreprises de vulgarisation scientifique, en particulier dans la seconde moitié du XIXᵉ siècle : les expositions et les revues. Concernant les revues, l'abbé Moigno s'y taille une place de choix :

> « Vers le milieu du XIXᵉ siècle commencent à apparaître des périodiques destinés à un large public et spécialisés dans les sciences, qui continuent à bourgeonner jusqu'à la fin du siècle : après *Cosmos* :

7. Il s'agit d'un ouvrage publié en 1868, rédigé par l'abbé Moigno, d'après les travaux de Cauchy.

> *Revue encyclopédique des progrès des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie*, créé en 1852 par un ecclésiastique, l'abbé Moigno, paraît *L'Ami des sciences* fondé en 1855 par Victor Meunier, puis *La Science pour tous* créé en 1856 par H. Le Couturier, qui lance en même temps *Le Musée des sciences*. Au total, 15 revues paraissent à Paris en 1865 qui ont des durées de vie extrêmement variables. Certaines ne durent que cinq ou six ans, d'autres comme *Cosmos*, de l'abbé Moigno, perdurent avec des hauts et des bas, des scissions puis des réconciliations, jusqu'en 1935 » (Bensaude-Vincent, 1993, p. 51).

Cosmos aura effectivement un franc succès dans le public catholique. L'auteure s'intéresse aussi au profil de ces rédacteurs de revues scientifiques : socialistes militants, professeurs, médecins, ingénieurs ou encore ecclésiastiques. Elle écrit : « Parmi les vulgarisateurs les plus prolixes figure également un petit nombre d'ecclésiastiques (l'abbé François Moigno et l'abbé Jacques-Paul Migne) » (Bensaude-Vincent, 1993, p. 51).

Examinons quelques aspects de l'œuvre de l'abbé Moigno dans *Cosmos* (publié de 1852 à 1863 par Moigno et auquel succède *Les Mondes* à partir de 1863). Par exemple, le tome 17 de *Cosmos* (1860, 2nd semestre), entièrement rédigé par l'auteur (Moigno, 1860), contient de nombreux éclaircissements de physique et de chimie, mais aussi des exposés très concrets d'agriculture (sur l'invasion des chenilles, sur les médailles obtenues au concours général d'agriculture sous le patronage de l'empereur Napoléon III et la direction de Lefèvre de Sainte-Marie). *Cosmos* traite donc de vulgarisation scientifique, mais aussi de tous les progrès scientifiques et techniques capables d'intéresser le lecteur en lien avec l'intérêt général du pays, qu'il s'agisse d'agriculture, de chemins de fer, de télégraphes, etc. *Cosmos* propose aussi des nouvelles scientifiques et techniques, souvent recopiées dans différents journaux : par exemple, les dernières observations du soleil faites à l'Observatoire de Paris, les tremblements de terre en Turquie et en Grèce, les notes de l'astronome Le Verrier et de ses collaborateurs sur le passage d'une comète, les destructions d'oiseau du fait d'une tempête en Angleterre, le voyage d'essai d'un bateau à vapeur destiné à relier l'Angleterre à New York, la difficulté des communications électriques et télégraphiques par câble sous-marin (la décennie 1860 voit l'installation des liaisons télégraphiques), etc. Il faut bien admettre qu'en 1860, il n'y a que peu de moyens de communication, les livres ne sont pas toujours à portée de main, il s'agit donc de donner dans une feuille hebdomadaire accessible, le plus d'informations possibles concernant les phénomènes de la nature, les applications techniques et les progrès dans l'industrie ou l'agriculture, les découvertes scien-

tifiques, les expositions, etc. Il faut voir que la décennie 1860 correspond à un âge d'or économique, scientifique et technique : les habitants des villes appartenant à la bourgeoisie et aux classes moyennes, qui se considèrent au-dessus de la masse des paysans et des ouvriers, étaient avides de ce type de nouvelles. C'est aussi, pour Moigno, un lieu d'évangélisation, un outil pour redonner le sens chrétien qu'il veut attribuer à ces changements scientifiques et techniques.

Revenons à *Cosmos*. On trouve aussi des correspondances particulières, ce qu'on appellerait aujourd'hui « le courrier des lecteurs ». Par exemple, un lecteur écrit à *Cosmos* pour réagir sur des observations sur la propagation du bruit du tonnerre. Quant aux expériences scientifiques, on les trouve dans une rubrique nommée « faits de science » : Moigno rapporte les expériences de Pouchet, qui plaide l'impossibilité que des germes ou unités vivantes microscopiques soient apportés par l'atmosphère : ne venant pas du dehors, ils apparaissent spontanément sur des corps en décomposition, c'est toujours la fameuse « génération spontanée » qui sera infirmée par Pasteur peu d'années après. Les séances de l'Académie des sciences font aussi l'objet de résumés. Et tout cela recommence la semaine suivante : nouvelles de la semaine, correspondance particulière, faits de science française et étrangère, résumé de la séance hebdomadaire de l'Académie des sciences. Telle est la structure d'un numéro de *Cosmos*, rédigé entièrement chaque semaine par le travailleur acharné qu'était Moigno dans le but de donner les nouvelles indispensables, non seulement des recherches de la science dure, mais aussi les nouvelles relatives à la nature, au climat, aux nouveautés techniques et agronomiques. Le tout était d'un bon niveau de diffusion scientifique, à l'opposé de l'image du journaliste qui résume et répète. Moigno n'était donc pas que l'original hors-norme joignant science et religion, que l'on a décrit. *Cosmos* confirme son rôle de pionnier dans la diffusion des sciences et techniques.

L'abbé Moigno a également rédigé des livres scientifiques, des manuels pour étudiants, des conférences. L'un de ses premiers livres scientifiques fut le *Traité de télégraphie électrique*, publié en 1849 et dédié à Arago. Suite aux expériences d'Oersted, dans les années 1820, et à la mise au point des techniques télégraphiques de Morse (1838), on commençait à disposer de connaissances et de techniques intéressantes dans le domaine de la télégraphie. La dédicace que Moigno destine à François Arago, dont il fut l'ami et le disciple, est plus un panégyrique qu'une dédicace :

> « Amené plus tard à écrire l'histoire et la théorie de la plus curieuse application des phénomènes de l'électricité et du plus étonnant des arts, la télégraphie électrique, combien vive a été ma joie quand j'ai

> vu que les deux faits qui dominent et vivifient cette branche nouvelle et déjà si vaste de la physique appliquée avaient été découverts par vous ! Rival heureux des Volta, des Œrsted, des Ampère, des Faraday, le premier en effet vous avez démontré par une expérience à jamais mémorable et complète les effets certains d'aimantation momentanée ou durable produits par le passage des courants électriques sur le fer doux ou l'acier. Le premier, vous avez remarqué la mystérieuse influence exercée par un disque en mouvement sur le barreau aimanté et l'hélice électrodynamique ; or, cette observation neuve et imprévue renfermait comme dans un germe fécond la magnifique théorie de l'induction si savamment formulée par le génie de Faraday. » (Moigno, 1849, p. vi).

Le seul intérêt de cette ode à Arago est de montrer que les travaux sur les courants induits et sur la transmission d'un signal sont une œuvre commune à plusieurs scientifiques européens, au XIXe siècle, qu'Arago y eut sa part et qu'ils correspondent à un véritable programme de recherche.

Il est intéressant de voir que, traitant de la télégraphie électrique, Moigno insiste beaucoup d'une part sur une pédagogie adaptée permettant de transmettre l'essentiel à son auditoire, sans toutefois déformer les données scientifiques, d'autre part sur les applications et les incidences sociales de cette nouvelle technologie. Ce sera une constante à l'époque chez les prêtres et les religieux qui s'intéressent aux sciences et techniques, d'insister sur la pédagogie (beaucoup sont enseignants) et sur les applications pratiques (la plupart d'entre eux vivent au contact des populations dont ils connaissent les modes de vie et les besoins). Voyons comment Moigno présente l'essentiel de la technique (en 1849) et son intérêt :

> « Voici d'abord ce qu'est le télégraphe électrique, réduit à son dernier degré de simplicité. Une double bobine, recouverte d'un fil très fin, et dont la longueur est proportionnée à la distance que les dépêches doivent parcourir, armée d'un petit morceau de fer doux ou non trempé, se meut circulairement au-dessus d'un aimant permanent, et devient la source d'un courant électromagnétique. Un cadran, placé sur cette bobine, porte les lettres ou les signaux conventionnels quelconques ; l'opérateur amène avec le doigt, devant une pointe fixe, la lettre ou le signal qu'il veut montrer à distance. Aussitôt, [...] ce signe est reproduit sur les deux cadrans indicateurs de la station de départ et de la station d'arrivée, quelques distantes qu'elles soient. Voilà toute la manœuvre [...]. La télégraphie électrique est en Angleterre un fait déjà accompli ; elle est réalisée sur toutes les grandes lignes de chemins de fer. [...] Une illustre lady, restée ma-

> lade à Portsmouth, demande à son banquier 200 livres sterling ; moins d'un quart d'heure après l'expression de son désir, que le télégraphe avait porté à Londres, et qui a pénétré jusqu'au cœur de la cité, milady avait reçu la somme dont elle croyait avoir besoin. Un spéculateur hardi commande à son agent de change d'acheter mille actions d'un chemin de fer qu'il désigne. Quelques minutes après il apprend, transporté de joie, qu'il est propriétaire des mille actions, et qu'il peut les revendre avec un bénéfice énorme » (Moigno, 1849, pp. VIII-IX).

Moigno semble décrire ici l'ancêtre des systèmes actuels de bourse en ligne. On a là un exemple précis de la manière dont il comprend le progrès scientifique, reposant à la base sur des découvertes simples, même si les applications technologiques sont parfois complexes à mettre en place ; il permet à toute la société d'en profiter et de faire des économies considérables de temps et de moyens. Et Moigno de fustiger l'inertie bien française qui fait que le royaume de Louis-Philippe, qui vient de s'effondrer pour laisser place à la Seconde République, a pris un retard considérable dans le domaine des chemins de fer et dans celui de la télégraphie qui accompagne à l'époque son expansion.

> « Le gouvernement anglais ne s'inquiète nullement de ces correspondances instantanées qui viennent donner une nouvelle vie au commerce et à l'industrie. Bien au contraire, il prend plaisir à les encourager et à les rendre plus faciles. [...] J'ai lu à Londres, non sans rougir, l'acte par lequel le gouvernement français accorde à la Compagnie du chemin de fer de Versailles rive droite et de Saint-Germain, la concession longtemps sollicitée d'une ligne télégraphique. Il y est rigoureusement stipulé qu'on ne transmettra aucune dépêche étrangère aux besoins du service de la voie de chemin de fer ; les correspondances commerciales, industrielles et d'intérêt privé, sont absolument proscrites » (Moigno, 1849, p. IX).

La comparaison entre l'Angleterre et la France montre la lourdeur inhérente au système administratif centralisé français qui, déjà à l'époque, semble se complaire à vouloir tout contrôler et à gêner les initiatives économiques d'intérêt privé. « Pourquoi ne pas accepter courageusement le progrès contre lequel vous essayez en vain de lutter ? Pourquoi éterniser les répugnances et les antipathies en éternisant la défiance et la peur ? » (Moigno, 1849, p. IX).

On voit ici l'intérêt de la démarche : il s'agit d'un prêtre catholique qui exhorte ses contemporains, et notamment les pouvoirs publics, à accepter un progrès, finalement bénéfique aux populations et à l'économie entière du pays. L'enjeu est de taille : intégrer l'économie et le progrès scientifique et technique

dans les fins politiques que l'on se donne. Mais quelle est la vision chrétienne de l'univers et de l'homme dans laquelle Moigno pense intégrer cette dynamique du progrès scientifique que rien ne semble pouvoir arrêter, rien sinon l'inertie de quelques contemporains et du système politique ? Après avoir envisagé quelques applications de la télégraphie, qui tiennent autant de l'anticipation scientifique que les romans de Jules Verne, Moigno envisage l'aspect biblique de cette histoire des découvertes scientifiques :

> « Plus encore par l'invention du télégraphe électrique que par l'emploi de la vapeur, l'homme est redevenu un géant ; or, les divines Écritures et les traditions de tous les peuples nous racontent qu'il l'a déjà été dans les temps primitifs. Oui, il y eut autrefois une race de géants, et leur histoire, toute lamentable qu'elle est, pourrait, si nous n'y prenions garde, redevenir la nôtre. L'enfant de Dieu, c'est-à-dire l'homme spirituel, trouva belles les filles de la terre, c'est-à-dire les créatures matérielles ; un fol amour obscurcit tout à coup sa raison et dépravа son cœur. L'esprit arriva donc tristement à s'identifier avec la matière. Cette union insensée et criminelle produisit les géants. Et en effet, quand le génie de l'homme concentre toute son activité et toute son énergie sur la matière, l'anime en quelque sorte de son souffle de vie, il devient comme créateur. Mais alors aussi, dans l'ivresse de son triomphe, il se croit Dieu, et il n'élève plus ses regards vers le ciel, et il s'identifie de plus en plus avec la terre dont la masse finit en quelque sorte par l'absorber. Et bientôt, commence une affreuse réaction : la matière, devenue reine, énerve et subjugue son roi. Asservi, abruti par les sens, l'esprit a perdu tout son élan, le progrès s'arrête, l'industrie languit, la barbarie recommence, et, pour renouveler la terre, il ne faut rien de moins que l'exercice de la justice ou de la bonté infinie de Dieu » (Moigno, 1849, pp. XX-XXI).

Il y a ici, outre la lecture littérale d'un texte de la *Genèse*, toute une lecture chrétienne du bon usage du progrès scientifique et technique. Si celui-ci prend trop de place, s'il n'est pas ordonné au bien de l'homme, mais s'il s'auto-entretient lui-même, matériellement, alors l'homme court à la catastrophe. Il se laisse absorber par le progrès et s'identifie à la matérialité des choses qu'il croit dominer ; cette matérialité même peut se retourner contre l'homme, l'abrutir, freiner ses initiatives et le conduire finalement à un état de barbarie. Le progrès, tel que l'entend Moigno dans sa vision chrétienne de la nature et de l'homme, c'est un progrès régulé, relatif à l'homme et à sa condition d'être créé à l'image de Dieu, c'est un progrès qui doit servir l'homme et ses finalités spirituelles, et non pas l'asservir. Moigno envisage un état ultime d'un progrès technique tellement développé et matérialisé qu'il semble provoquer sa propre inhibition

par une étonnante réaction de *feedback*. Ayant englouti l'esprit humain dans la matière et ne pouvant plus donc se nourrir de ses lumières, le progrès scientifique et social s'arrêterait et la civilisation retournerait à la barbarie. Moigno semble entrevoir ici la fin du progrès par la fin de l'homme, noyé dans les biens matériels qu'il a produits et qui le submergent. L'abbé Moigno voyait loin et cette prophétie semble d'une actualité brûlante pour nourrir notre méditation aujourd'hui.

Sur le progrès scientifique, Moigno publia en juillet 1864 une « conférence » dont on pouvait attendre un éclairage sur cette question (Moigno, 1864). Il s'agit en réalité d'un exposé analogue à un numéro de *Cosmos*. On trouve d'abord les « Nouvelles du mois », avec toutes sortes d'anecdotes d'actualités, plus ou moins en rapport avec le progrès des sciences et des techniques : il évoque la recherche à l'École normale supérieure, les systèmes hydrauliques permettant d'acheminer les eaux à Versailles, la pêche à la lumière électrique, l'établissement d'une ligne télégraphique sous-marine entre la France et les États-Unis, les recherches paléontologiques de Boucher de Perthes et du marquis de Vibraye, la poudre de mine à la nitroglycérine… Puis, divers petits articles en physique, astronomie, chimie, mécanique, médecine, donnent un aperçu très éclectique de l'actualité de la recherche, surtout technologique, dans divers domaines. On n'a pas de discours sur le progrès scientifique, mais finalement, cet ensemble de textes aide à préciser l'idée que Moigno se faisait du progrès. Le progrès scientifique implique de nouvelles techniques et des résultats, dans tous les domaines, avec une insistance sur les applications pratiques et sur les innovations. Quelle que soit la discipline, il s'agit surtout de mettre au point des procédés, des outils ou des machines, pour obtenir une meilleure efficacité dans tel ou tel domaine de recherche ou industriel (à travers une pluridisciplinarité). Moigno donne aussi une vision continuiste du progrès scientifique et technique : on n'a pas l'impression que le progrès implique des moments de ruptures avec la découverte de quelque chose de complètement nouveau, mais on assiste à un perfectionnement continu de techniques et de méthodes qui existent déjà. Or, une quarantaine d'années plus tard, avec l'entrée en scène d'Einstein et de la nouvelle physique, on se rendra compte que le progrès scientifique est plus discontinu que continu. Bachelard ne manquera pas d'insister sur une épistémologie discontinuiste. Une vision du progrès perçu comme continu, linéaire, et pratiquement indéfini, caractérise justement la seconde moitié du XIXe siècle, particulièrement le Second Empire : sous cet aspect, Moigno est bien de son temps.

Une question très actuelle à l'époque de Moigno, en ce qui concerne le progrès scientifique, est celle des éclairages : on est en pleine révolution technique pour l'éclairage, comme pour le chauffage et le transport. Moigno écrivit en 1867 une conférence sur *Les éclairages modernes*, où il donnait sa vision du progrès scientifique en la matière (Moigno, 1867). Encore ici, le mot « conférence » n'est pas à prendre au sens habituel, même si Moigno en fit effectivement beaucoup au cours de sa carrière ; il s'agit d'un exposé conséquent et systématique sur les formes d'éclairages à l'époque, leurs conditions techniques, leur coût, leur rentabilité, etc. Le premier éclairage qu'aborde Moigno est l'éclairage aux huiles minérales, qu'il compare aux bougies sur la base du temps d'éclairage produit relativement aux masses de matière brûlées de part et d'autre. Il écrit :

> « je trouve que, la bougie stéarique étant 100 en lumière, la chandelle donne 95 et la bougie de paraffine 130. Je compare, toujours à égalité de poids consommés, la bougie stéarique avec l'huile de colza bien épurée et brûlée dans une lampe Carcel ou dans une lampe à modérateur[8] ; et je trouve que, la bougie donnant 100 unités de lumière, l'huile en donne 168. Ici l'avantage est tout entier du côté de la lampe, tant sous le rapport du prix que de la qualité de la lumière » (Moigno 1867, p. 2).

Il faut bien voir que, derrière le terme « huile », Moigno inclut les huiles de pétrole, donc la fameuse lampe à pétrole qui sera très utilisée à la fin du XIX[e] siècle.

> « Mais si nous comparons même le pétrole à l'huile de colza épurée et brûlée dans une Carcel, nous trouvons encore que pour obtenir la lumière de 100 bougies stéariques, il faut brûler par heure 532 g de colza tandis que 320 g de pétrole d'Amérique nous suffiront pour atteindre la même clarté. L'économie en poids est dans le rapport de 166 à 100 ou d'environ 40 %. Mais ce n'est pas à beaucoup près le seul avantage que présente l'huile minérale » (Moigno, 1867, p. 3).

En effet, la lampe à pétrole donne une lumière constante, jusqu'à épuisement de son réservoir, avantage sur la bougie et sur les autres « huiles ». Sur la même base de comparaison avec la bougie stéarique, Moigno trouve 70 à 340 unités pour un m^3 de gaz brûlé à l'heure, suivant la nature du gaz et son traitement. Il se fait l'écho de l'enthousiasme du Second Empire pour l'éclairage au gaz, le gaz a la supériorité sur tout autre mode d'éclairage, y compris les « huiles

8. Le Carcel (du nom de l'horloger français Bertrand Guillaume Carcel) était l'intensité d'une lampe qui consommait en une heure 42 g d'huile de colza épurée.

minérales ». Les divers éclairages sont décrits par Moigno de façon sans doute claire pour les contemporains, mais confuse pour nous. Par exemple, « l'éclairage au gaz formé d'un mélange d'air et de vapeur de pétrole » dans « la gazo-lampe Mille » fait davantage penser à une lampe à pétrole qu'à un éclairage au gaz (Moigno, 1867, p. 11). Les divers éclairages au gaz, à base d'oxygène et d'hydrogène, donnent lieu à nouveau à des calculs de rentabilité. Moigno promeut les becs de gaz à l'oxygène, il fait de longues considérations sur la production de ce gaz et passe ensuite à l'usage de l'hydrogène et enfin, au mélange des deux gaz pour produire l'éclairage. Le chapitre sur l'éclairage au gaz paraît davantage faire état de projets d'amélioration que de ce qui se pratiquait alors. Enfin, Moigno aborde l'éclairage électrique. On est encore au tout début de projets d'éclairage électrique. Moigno évoque en fait l'usage de l'arc électrique, sa lumière puissante et par exemple « la machine magnéto-électrique de la compagnie l'Alliance » (Moigno, 1867, p. 48) ; ce type de machine pesait plus d'une tonne et était utilisée pour l'éclairage des phares (Le Roux, 1868)[9]. L'abbé Moigno envisage l'équipement des villes, des usines et en général, l'éclairage public avec cette machine. Le coût d'usage était intéressant, mais le prix d'investissement de la machine était dissuasif. D'autres machines du même genre sont décrites, mais l'ampoule à filament incandescent n'avait pas encore été diffusée, même si divers physiciens européens menaient des recherches sur l'éclairage électrique à incandescence. Le livre de Moigno, comme ceux d'autres vulgarisateurs (Louis Figuier, par exemple), a pour intérêt de faire le point sur les techniques d'éclairage, les mécanismes inventés et les projets à développer sous le Second Empire.

Avec le jésuite Angelo Secchi (1818-1878), astronome, une philosophie de la nature basée sur le mouvement et faisant une synthèse newtonienne des connaissances physiques pouvait être finalement, une manière de réactualiser le point de vue de Malebranche qui attribuait à Dieu l'origine du mouvement. Moigno édita en 1869 un livre d'un Eudiste, le Père Leray, intitulé *Constitution de la matière et de ses mouvements, nature et cause de la* pesanteur (Leray, 1869), il en écrivit la préface. Il considère qu'on « se tromperait grandement » si l'on attribuait à Newton le fait que l'attraction proportionnelle aux masses et en raison inverse du carré de la distance serait une propriété que l'on retrouve assez généralement en physique et en chimie. En réalité, n'est-ce pas Moigno qui se trompe grandement ? Voulant situer les forces d'attraction au niveau des

9. À titre d'exemple, à partir de décembre 1863, les phares du Cap de La Hève (Le Havre) sont dotés d'un éclairage électrique, grâce à une lampe à arcs, alimentée par une machine magnéto-électrique de la compagnie *L'Alliance*.

planètes et dans la dépendance de l'action de Dieu, il en vient à nier l'existence de ces forces physiques à l'intérieur de la matière, alors que quelques décennies plus tard, on devra reconnaître qu'un ensemble de forces d'attraction et de répulsion jouent au niveau des atomes et des molécules. Il distingue matière et mouvement, beaucoup plus que ne le fait le jésuite Angelo Secchi, et il se situe dans la ligne directe des auteurs du XVII[e] siècle (comme Malebranche qu'il ne cite pas) qui voient la matière comme inerte et le mouvement comme nécessitant le premier moteur qu'est Dieu : « Newton, comme Euler, comme tous les philosophes dignes de ce nom, n'ont pu voir dans la matière que trois choses : l'inertie d'abord; puis le mouvement primitivement imprimé par une volonté libre, moteur premier infini; enfin l'impossibilité évidente d'agir là où elle n'est pas, c'est-à-dire à distance » (Moigno, in Leray, 1869, pp. III-IV). Donc, la matière étant inerte et ne pouvant à l'origine être mue que du fait de la volonté de Dieu, elle ne peut être à l'intérieur d'elle-même, le lieu de jeux de forces d'attraction. Mais, à la rigueur, Dieu aurait pu créer les forces d'attraction au sein de la matière, comme un point de départ du jeu des phénomènes physiques :

> « Pour les esprits raisonnables, l'attraction restait un principe premier : Dieu, pour constituer le monde, aurait décrété que les atomes matériels graviteraient les uns vers les autres, comme il a donné aux plantes la vie, aux animaux, la vie et l'instinct, à l'homme la vie et l'intelligence. [...] Elle [l'attraction] ne serait pas la conséquence de phénomènes antérieurs, mais le point de départ de tous les phénomènes, le premier anneau de la chaîne soutenu par le seul doigt créateur » (Moigno, in Leray, 1869, p. IV).

On devrait donc toujours se rapporter à l'impulsion originelle du mouvement, donnée par Dieu, même s'il y avait du mouvement à l'intérieur de la matière : c'est tout à fait malebranchiste. À titre d'exemple, l'auteur renvoie à un texte d'Arago dans les *Leçons d'astronomie*, qui renvoie lui-même à Lesage, à propos du *fluide gravifique*; lequel, circulant dans l'espace, provoquerait l'assemblage de particules selon la loi d'attraction. Moigno et Leray voient dans un milieu fluide, l'éther, un lieu d'attraction et de mouvement, sur un fond d'idées qui remontent au XVII[e] siècle, à Varignon et Lesage. Une autre question qui remonte à Euler dans ses *Recherches physiques sur la nature des moindres particules de matière* (1745) est celle de la matière subtile, supposée produire la gravité. On revient alors sur la question cartésienne de l'étendue : selon Moigno, les atomes absolument simples de la matière n'ont pas d'étendue, d'où cette reprise à Euler de l'idée de matière subtile. Leray, lui, admettait que les atomes avaient une identité et une étendue et que la constitution des molécules supposait une

forme de continuité. Nous nous interrogeons sur la signification qu'ont ici la question de l'existence du continu au sein de la matière (quel type de continuité ?) et celle de l'éther ou des fluides, de la « matière subtile », questions qui effectivement agitèrent le XVIIIe siècle, et en partie le XIXe. Moigno demeure donc dans une conception philosophique de la matière et du mouvement dépendante des XVIIe - XVIIIe siècles, et dans un état d'esprit où il convoque trop vite un arrière-plan théologique. En 1869, même s'il pose des hypothèses et des questions intéressantes sur la gravitation universelle, il se situe à peine 40 ans avant Einstein et accuse donc un certain retard…

Ces quelques aspects de l'œuvre de Moigno permettent de déterminer sa personnalité scientifique et la pertinence de ses apports. Il est un bon diffuseur des sciences, un pédagogue concis et précis, à une époque où les moyens de diffusion des sciences et des techniques sont assez limités. Mais il n'échappa pas complètement à la démarche apologétique, même si chez lui, la convocation d'un arrière-plan philosophico-théologique reste assez limitée. Cependant, il est essentiel de comprendre que l'unification entre la science et la foi dans la démarche de l'abbé Moigno relève de la science catholique, telle qu'on l'entendait au XIXe siècle. Claude Langlois écrit à ce propos :

> « La science catholique entend aussi reprendre à son compte la vieille affirmation concernant la possibilité d'unifier la pensée humaine, par une foi qui s'identifie au catholicisme actuel, dans la mesure où celui-ci est l'aboutissement des révélations successives faites à Adam, à Moïse, et à Jésus. […] La science catholique, on le voit mieux, est l'une des figures centrales d'une apologétique renouvelée qui place au premier rang une foi qui se fait accueillante à la science » (Langlois, 2014, p. 218).

L'abbé Moigno se situait sans doute dans cette perspective d'unification de la pensée humaine et d'accueil de la science par une intelligence chrétienne.

Nombre des travaux de Moigno, notamment dans les manuels scolaires ou dans la diffusion des techniques comme l'éclairage ou la télégraphie, sont tout à fait valables et supposent une confiance dans les progrès techniques qui n'était pas si répandue dans le monde ecclésial de l'époque. Ce qui a contribué à le décrédibiliser est qu'il a été porté aux nues alors même que, comme tous les auteurs de littérature secondaire, il est limité et relatif à son époque et à des savants de premier ordre (son ami Arago ou son maître Cauchy, par exemple). Moigno a été mis au premier plan par des prêtres de la fin du XIXe siècle ; vers 1900, au moment de la révolution scientifique de la nouvelle physique, certains continuaient imperturbablement à renvoyer à la lecture de Moigno leurs

confrères ou de jeunes étudiants chrétiens[10]. Ce fut le cas chez les rédacteurs de *L'ami du clergé*. Or, il y avait déjà longtemps que les manuels de Moigno ne pouvaient plus proposer une réponse aux questions scientifiques.

3. Mgr Maurice d'Hulst

Un autre prêtre très célèbre à la fin du XIXe siècle pour son point de vue sur le rapport entre la religion catholique et la raison est Maurice Le Sage d'Hauteroche d'Hulst (1841-1896). Il ne fut pas à proprement parler un scientifique, ni un enseignant ou un diffuseur dans le domaine scientifique, mais il s'intéressa comme philosophe et théologien à la critique des sciences, notamment en regard de la métaphysique et des questions religieuses. Il mena un apostolat intellectuel qui prenait en compte la question scientifique. De par ses origines familiales, Mgr d'Hulst fut influencé par son grand-père maternel, le marquis du Roure, attaché à Louis-Philippe et à une monarchie libérale. Élève au collège Stanislas en 1855, alors animé par les marianistes, il dut renoncer à des études universitaires du fait d'un avis négatif de Mgr Louis-Gaston de Ségur (1820-1891, alors aumônier du collège Stanislas) ; c'était la méfiance caractéristique des catholiques de ce temps et du clergé vis-à-vis de l'université (voir par exemple l'attitude de Montalembert). Il entre alors au séminaire Saint-Sulpice et reçoit un enseignement néothomiste. Ordonné prêtre en 1865, il fit partie de la fraction du clergé dite libérale, voire légèrement progressiste, et dont Mgr Dupanloup, évêque d'Orléans, est le chef de file (Moulinet, 1996). Il affirmait son opposition à l'intransigeance de Mgr Pie et regrettait la parution du *Syllabus*. Il joua un rôle important dans la fondation de l'Institut catholique de Paris

10. Voir, par exemple Minois, 1991, tome 2, chap. 7, p. 302 (L'Église et la science dans la presse cléricale : *L'ami du clergé de 1900 à 1930*). Les articles concernant des sujets scientifiques, dans *L'ami du clergé* de cette époque, donnent effectivement une idée de la référence que constituait encore Moigno, vers 1900, dans le monde ecclésial. Derrière cette référence à Moigno pour toutes les questions scientifiques (ou aussi derrière la référence à des revues catholiques, comme la *Revue des questions scientifiques*), il y a toute la question de la fiabilité des livres aux yeux d'un catholique du XIXe siècle. Il y a les « bons livres » et les « mauvais livres », il y a les livres interdits, à l'Index, ceux qui risquent de vous conduire tout droit en enfer, etc. Moigno représente une référence fiable, une médiation obligée entre le monde religieux et le monde scientifique. Une Église qui se crispe sur le permis et l'interdit, qui voit le danger des nouveautés au plan intellectuel avant d'en voir l'intérêt, n'est pas forcément très ouverte à la recherche scientifique. D'où ce besoin de références à des manuels simples, lisibles, donnant une réponse claire, qu'on souhaiterait définitive, aux questions scientifiques ou philosophiques des prêtres et des chrétiens cultivés.

en 1875, institut dont il devait devenir le recteur. Notre intérêt ici est d'examiner des articles de Mgr d'Hulst sur les sciences. Nous évoquerons également brièvement son initiative de réunir des congrès scientifiques des catholiques.

Le projet de Mgr d'Hulst est quelque peu ambivalent. Il s'agit d'ouvrir la vision chrétienne du monde aux sciences de l'époque (avec notamment comme pour le jésuite Bellynck, la zoologie et l'anthropologie…), mais aussi de récupérer ou d'intégrer une partie des sciences dans l'influence de l'Église, en vue de construire une science catholique. À la fin du XIXe siècle, on n'a pas encore compris que, si on peut faire sans problème des sciences dans les universités et institutions catholiques et débattre autour de science et foi, pour autant il ne peut pas y avoir de science chrétienne[11], pas plus que de philosophie chrétienne. Il faudra attendre tout le travail de réflexion des scientifiques et des philosophes chrétiens au XXe siècle pour approfondir ces difficiles questions. Dans *La métaphysique de l'école et la science* (d'Hulst, 1903a), Maurice d'Hulst souligne l'esprit de négation de la métaphysique et le positivisme régnant chez les scientifiques à la fin du XIXe siècle. Il prône pourtant un dialogue entre science et métaphysique, en montrant que bien des recherches scientifiques constituent un appel à un dépassement par la métaphysique.

> « Si le mystère de la vie se retrouve au fond de toutes ces recherches, on peut dire aussi que l'idée de la vie y répand partout sa lumière. Il n'est pas un biologiste qui n'ait essayé vingt fois de la définir. Claude Bernard, qui se défendait si fort de faire de la métaphysique, revenait sans cesse, comme par un attrait irrésistible, à la définition de la vie. Et la dernière qu'il a trouvée, incomplète si l'on veut, mais juste et profonde quand on ne la fait pas sortir du cadre expérimental où son auteur l'a placée, porte un caractère hautement métaphysique : *La vie est une création* » (d'Hulst, 1903a, pp. 319-320).

Ce que veut montrer ici l'auteur est que les savants ont tort de se défier de la métaphysique, dans la mesure où ils tendent à une forme de métaphysique.

Cependant, la référence à Claude Bernard n'est pas totalement pertinente dans la mesure où le sens de création chez Bernard se rapporte au développement et au métabolisme, à ce qu'on appelait à l'époque la création organique. Il n'est rien que moins sûr que l'expression bernardienne ait une portée métaphysique et que Maurice d'Hulst ait bien compris ce que Bernard entendait par

11. La science chrétienne serait une science non seulement compatible avec la vision chrétienne de la nature et du monde, mais porteuse de cette vision du monde. La science catholique est une notion d'origine mennaisienne supposant un ordre entre les connaissances scientifiques et les affirmations de la foi catholique.

création. Maurice d'Hulst veut montrer que les savants ont raison s'ils se défient d'une métaphysique des idées, d'une métaphysique sans expérience ; il insiste sur l'expérience qui rend féconde la métaphysique dans son rôle propre et dans le dialogue avec la science. Cette insistance dans la pensée de Mgr d'Hulst est tout à fait essentielle.

> « Or, si c'est l'expérience qui féconde la raison dans l'enfantement des idées, comment pourrait-on impunément se séparer de son contact quand il s'agit de déterminer les rapports des idées entre elles et de tracer, derrière l'univers visible, le plan, non pas chimérique et imaginaire, mais autant que possible exact et fidèle, du monde invisible ? Perdu comme le plongeur dans les profondeurs cachées de cet océan, le penseur a besoin de remonter souvent au jour pour respirer l'air et contempler la lumière des réalités observables » (d'Hulst, 1903a, pp. 320-321).

Mgr d'Hulst est donc à la recherche d'une métaphysique réaliste éclairée par l'expérience et donnant à son tour une nouvelle dimension à la science.

Malgré tout, si Mgr d'Hulst insiste avec raison sur l'expérience à la base de la métaphysique, sa métaphysique reste trop axée sur la production des concepts, confondant parfois les concepts scientifiques et métaphysiques. Rappeler au philosophe l'importance de l'expérience, c'est bien, mais le métaphysicien imprégné de scolastique était-il de taille à lutter contre le positivisme et à apporter le fruit de ses propres recherches en complément des travaux scientifiques ? Selon Maurice d'Hulst, la réponse est « oui », mais à condition de se réformer. Toutes les sciences depuis le XVIIe siècle insistent sur le caractère discontinu de la matière et de la vie, la scolastique doit donc intégrer une vision plus discontinuiste du monde naturel et vivant ; la catégorie de substance appliquée aux objets du monde physique semble aussi inadéquate. La « métaphysique de l'école » a-t-elle donc tout à gagner à rentrer en dialogue avec la science du temps ?

> « Oui, sans doute, elle devra accepter toutes les exigences de la science. Le continu recule et fuit sous le regard ; il faut le suivre dans sa fuite. [...] L'atome, à son tour, qu'est-il ? Il est le dernier terme de l'analyse, d'une analyse inductive, où l'effort de la raison s'ajoute aux données de l'expérience ; car nul n'a jamais vu ni touché l'atome. Mais ce terme extrême contient en lui-même une antinomie : il est étendu et il est insécable. Il est le premier élément de la masse ; toute masse a des parties, et cependant le premier élément doit être un, sans quoi il serait décomposable. [...] Ainsi la notion métaphysique du continu demeure, seulement elle se réfugie dans l'atome ; et là

> le dualisme des éléments métaphysiques sert à protéger la réalité de l'atome contre l'anéantissement dont l'idéalisme le menace » (d'Hulst, 1903a, pp. 41-42).

Un tel dialogue entre science et métaphysique nous paraît difficile aujourd'hui. Faute d'une épistémologie, Mgr d'Hulst semble vouloir remettre en valeur une philosophie de la nature inspirée d'une métaphysique scolastique, une vision de la nature dans laquelle l'atome ne remettrait pas en cause la nature aristotélicienne des corps impliquant le plein et le continu. Cette vision des choses était cependant décalée de la science contemporaine en plein développement.

La lecture des ouvrages de l'abbé de Broglie peut aider à comprendre Maurice d'Hulst, en ce qui concerne le dialogue entre science et métaphysique. Dans le second tome de *Le positivisme et la science*, l'abbé de Broglie incluait dans la même démarche les causes et les phénomènes, l'expérience et l'expérimentation. L'expérimentateur va « rompre la chaine des causes secondes, c'est-à-dire faire acte de cause première, c'est-à-dire encore de cause libre » (De Broglie, 1880, p. 229). L'idée est similaire à l'intuition de Mgr d'Hulst sur le rôle de l'expérience : il faut montrer que l'expérimentation ne se limite pas à la mise en valeur d'un fait et à une chaine de raisonnements comme semble le croire le positivisme, mais qu'elle procède d'abord d'une expérience humaine. Ainsi, la recherche scientifique ne s'oppose pas à la philosophie, elle interviendrait aussi dans l'ordre des causes en modifiant le cours de la nature. Cela suppose une philosophie accordant une place à l'expérience et qui consente à inclure l'expérimentation scientifique parmi les expériences humaines. Quant à la question des atomes, de Broglie avait évoqué, bien avant d'Hulst, le caractère substantiel de l'atome qui suppose de « considérer l'atome lui-même comme un composé de deux principes ; forme, principe d'unité ; matière, principe de divisibilité. C'est le système scolastique, solution obscure, mais sincère et loyale, de la question de la nature de l'atome » (De Broglie, 1880, p. 585). D'Hulst pouvait donc trouver dans les écrits de l'abbé de Broglie quelques fondements quant à l'importance de l'expérience en science et en philosophie et au sujet du continu qui se réfugierait dans l'atome. À la même époque, les recherches d'Édouard Branly (1844-1940), qui fut professeur de physique à l'Institut catholique de Paris, pouvaient aussi apporter des éléments aux réflexions de Mgr d'Hulst, bien que Branly se fut toujours défendu d'empiéter sur le terrain de la théologie ou sur celui de l'apologétique.

La troisième conférence de Mgr d'Hulst sur *La métaphysique de l'école et la science* porte sur l'acte et la causalité finale (d'Hulst, 1903b). On y trouve un curieux développement nous expliquant laborieusement qu'une puissance

naturelle dort dans la poudre à canon froide, c'est une puissance « qui ne fait que recevoir » :

> « La propulsion du boulet résulte de la force développée par le dégagement de gaz. Or ce qui résulte n'est pas une seule et même chose avec ce dont cela résulte. Mais si la puissance active se distingue de l'action, elle en est inséparable, tandis que la puissance passive est séparable et souvent séparée de son acte. Aristote avait établi sa distinction de la puissance et de l'acte sur des observations vulgaires. Quand nous en faisons l'application à des faits scientifiques, nous la trouvons plus juste et plus fondée que jamais » (d'Hulst, 1903b, p. 357).

Le moins qu'on puisse dire est qu'on n'est pas complètement convaincu de la démonstration, et que dans cet article encore, Maurice d'Hulst s'efforce de faire correspondre la philosophie scolastique et la science. L'exemple d'une explication causale de la pression atmosphérique est un peu plus intéressant :

> « Prenons pour exemple une des premières conquêtes de la science moderne, la théorie de la pression atmosphérique. Qu'ont découvert Torricelli et Pascal ? La loi ? Mais la loi était connue de temps immémorial. On savait que l'eau monte dans les pompes jusqu'à la hauteur de 32 pieds, et pas au-delà. Voilà bien le déterminisme du phénomène. Mais pourquoi l'eau monte-t-elle ? Ceci est la question de cause. On n'avait pas su la résoudre, et, faute de mieux, on imaginait l'horreur du vide. La physique moderne a établi que l'air est pesant et que la colonne atmosphérique fait équilibre à une colonne d'eau de 32 pieds, ni plus ni moins. Le jour où l'on a trouvé cela, le phénomène, qui était connu dans sa loi, a été connu dans sa cause. Et cette cause n'est pas un simple phénomène ; c'est une substance très réelle, l'air, faisant équilibre à une autre substance non moins réelle, l'eau. Ainsi la science ne se contente de la loi que quand elle n'a pas trouvé la cause ; par exemple, elle répète les formules expérimentales dues au génie d'Ampère et de Faraday pour déterminer le mode de production des phénomènes électriques : c'est un commencement de science. Mais demandez à un physicien si la science de l'électricité est achevée comme l'est, par exemple, l'hydrostatique ; il vous répondra qu'elle ne saurait l'être tant qu'on ignorera ce qu'est l'électricité et en quoi consiste son action » (d'Hulst, 1903b, p. 361).

La réflexion n'est pas complètement inintéressante pour l'époque, mais elle dénote une certaine approximation dans le passage de la loi (intelligible) à la cause (réelle). On a d'ailleurs déjà cette approximation dans les textes de l'abbé de Broglie. On ne peut sans doute pas dire que la pression atmosphérique était

connue dans sa loi (l'eau qui s'élève dans les pompes donnerait la loi) avant d'être connue dans sa cause (découverte par Torricelli et Pascal). Il n'est pas nécessaire d'aller beaucoup plus loin dans ces textes de Maurice d'Hulst : il pense que la physique peut nourrir la philosophie par une découverte des causes naturelles, il se fait une idée imprécise d'un renouveau possible de la philosophie scolastique par un dialogue de celle-ci avec la science moderne, alors que ces deux approches se situent sur des terrains différents. Ceci étant, deux constantes demeurent, qui font la trame de l'action de Mgr d'Hulst en termes de relation entre l'Église catholique et le développement des sciences : la nécessité de combattre le positivisme (ce qui était la cible de l'abbé de Broglie dès 1880-1881) et de proposer une alternative faisant place à une relation plus harmonieuse entre religion et science, l'intérêt du chrétien pour la connaissance de la nature et pour l'activité scientifique. Et ici, on comprend l'action de Mgr d'Hulst dans l'animation des congrès scientifiques des catholiques à la fin du XIXe siècle, action qui relaya une initiative du chanoine Duilhé de Saint-Projet, recteur de l'Institut catholique de Toulouse. Il s'agit de donner aux catholiques une place authentique et originale dans la recherche et les débats scientifiques du temps.

On connaît relativement bien aujourd'hui les moyens institutionnels et intellectuels mis en place par Mgr d'Hulst pour atteindre son objectif dans la relation à établir entre les sciences et la religion, et dans ce qu'on pourrait appeler dans le point de vue de cette époque, la volonté de christianiser les sciences. En particulier dans le contexte de la montée du transformisme et d'une nouvelle anthropologie, Maurice d'Hulst prend conscience que ce qui manque cruellement dans l'Église, c'est de réunir et de faire travailler ensemble les savants chrétiens sur ces questions. Il décide alors de lancer un projet de congrès scientifique des catholiques. L'initiative est généreuse, mais la réalisation manqua parfois un peu de pertinence scientifique. Les savants catholiques devaient y aborder particulièrement, les problèmes de la création et l'évolution, au plan exégétique comme au plan des sciences biologiques et anthropologiques (transformisme). Ici intervient un point essentiel dans la vision épistémologique que défend Mgr d'Hulst : la valeur intrinsèque du jugement posé par le scientifique dans telle science particulière — comme d'ailleurs l'autonomie du jugement politique dans son domaine propre — indépendamment de la foi et de la doctrine de l'Église. C'est très nouveau pour une époque où, dans les milieux catholiques traditionnels, on dénie l'autonomie de l'intelligence dans le domaine scientifique ou philosophique, au plan humain ; on n'envisage pas un travail autonome du scientifique ou du philosophe indépendamment de l'intelligence de la foi. C'est sans doute une ultime conséquence au XIXe siècle d'un regard porté sur l'intelligence humaine au moment de la lutte entre la Réforme et la

Contre-réforme ; à l'inverse de saint Thomas, on pensait alors que l'intelligence avait été complètement corrompue par le péché originel et que seul le régime de la foi pouvait la réhabiliter. Tout cela vaudra à Mgr d'Hulst quelques difficultés avec le magistère, en particulier vis-à-vis de la lecture textuelle des onze premiers chapitres de la Genèse. Pour ne rien arranger, le recteur de l'Institut catholique de Paris recrutera pour donner les cours d'exégèse, dans les années suivantes, un certain Alfred Loisy… Dans le monde catholique, le journal catholique intransigeant *L'Univers* se déchaîna contre Mgr d'Hulst, l'accusant de relativiser la doctrine chrétienne aux sciences. Le premier congrès envisagé aura quand même lieu en 1888, le second se déroulera en 1891, à Paris. Les trois autres auront lieu à Bruxelles en 1894, à Fribourg en 1897 et à Munich en 1900.

Dans le compte-rendu du congrès de 1888, Duilhé de Saint Projet resitue le problème :

> « Puisque les Catholiques s'assemblent pour concerter leurs efforts sur les terrains les plus divers, pourquoi ne feraient-ils pas une place dans leurs délibérations à ce grand intérêt : la défense de la foi sur le terrain scientifique ? Pourquoi, dans certains congrès catholiques, à côté de la section des œuvres de prière ou de zèle, d'enseignement ou de charité, ne verrait-on pas se former une section d'apologétique scientifique ? » (Congrès, 1889, p. xiv).

On voit ici que l'argumentation du chanoine de Toulouse est centrée sur une attitude apologétique dans le rapport entre foi et science. C'est typique de l'époque et il n'est pas évident que cette attitude ait été perçue très positivement. Donc, dès 1885, à Rouen, la décision était prise d'organiser un congrès international, mais dans une perspective apologétique : « L'ouverture de l'assemblée eut lieu à Rouen le 2 décembre 1885, sous la présidence de Monseigneur l'archevêque, et dès le lendemain, 3 décembre, la section d'apologétique était l'œuvre sous la présidence de M. le marquis de Nadaillac » (Congrès, 1889, p. xv). Le premier congrès eut bien lieu en 1888, à Paris, nous donnons ici un exemple de prise de position de Mgr d'Hulst.

Dans la section des sciences anthropologiques, concernant l'évolution, suite à une discussion sur la conférence du chanoine Duilhé de Saint-Projet, la question de l'évolution de l'homme rebondit. C'est toujours la question de « l'âme humaine » et de son originalité qui pose problème :

> « Mgr d'Hulst croit qu'il faut considérer deux espèces de développement : celui qui va de la puissance à l'acte, et celui qu'on pourrait appeler formel parce qu'il ajouterait au degré d'être. Cette distinction ne doit pas être perdue de vue dans l'appréciation des faits. Le

> développement qui réduit en acte des éléments potentiels, même longtemps assoupis, n'a rien d'inadmissible ; mais on ne conçoit pas le développement formel sans l'intervention d'une cause transcendante. Car il ne peut pas être dans les puissances d'un être d'ajouter à ses puissances ; il ne peut naturellement que les développer. Pour ce qui concerne l'homme, il faut distinguer en outre l'élément corporel et l'élément spirituel. Si l'on croit pouvoir admettre la discussion sur le terrain d'une évolution organique allant du corps de l'animal au corps de l'homme, il faut tenir d'autre part comme dogme révélé que l'âme a été l'objet d'une création immédiate » (Congrès, 1889, tome 2, p. 776).

Bref, un développement graduel est possible dans la série animale, voire même jusqu'au corps de l'homme, mais ce qui pose problème est le passage des degrés de vie au sens d'Aristote : il est inadmissible pour Mgr d'Hulst que l'évolution puisse franchir la barrière qui sépare la vie sensible (animale) de la vie de l'esprit. C'est alors que l'abbé de Broglie, reprenant cette difficulté soulevée par Mgr d'Hulst, propose une objection plus formalisée contre « l'évolution prolongée jusqu'à l'homme » (Congrès, 1889, p. 777). L'abbé de Broglie reprend aussi en partie l'argumentation de sa conférence. Même dans une vision transformiste limitée au corps de l'homme, comment imaginer un homme né d'une famille animale ?

Nous ne voulons pas trop surcharger ici ces exemples de la pensée de Mgr d'Hulst quant au rapport entre science, philosophie et théologie, particulièrement concernant l'évolution. Sa clairvoyance est remarquable pour identifier ce qui demeure une difficulté dans l'Église catholique : les intellectuels catholiques sont dispersés, ils sont présents dans l'activité scientifique, mais peu nombreux, et surtout, le travail intellectuel scientifique n'est pas une priorité dans l'Église catholique (d'Hulst, 1891). Il faudrait souligner aussi que le niveau de certaines interventions dans les congrès scientifiques catholiques laisse un peu à désirer et que, déjà à l'époque, les intellectuels catholiques étaient tributaires des revues scientifiques et initiatives de leurs collègues des universités publiques pour faire connaître leurs travaux scientifiques.

Maurice d'Hulst retrace la démarche qu'il fit près du pape Léon XIII. Il lui présenta, dans un entretien, l'essence de son projet : la « fin ultérieure » du congrès projeté est « de fournir des armes à l'apologétique chrétienne », la « fin immédiate » étant de « combattre par des raisonnements les ennemis de la révélation » (Beretta, 1996, p. 305). Était-ce une argumentation destinée à convaincre le pape, y croyait-il vraiment ? Si ce texte retrace la pensée de Mgr d'Hulst, il commettait une grave erreur : instrumentaliser la science en

vue de défendre la foi (c'est tout le projet et l'importance de l'apologétique à l'époque), utiliser des raisonnements issus de la science et assumés dans la foi en vue d'en découdre avec ceux qu'il appelle les « ennemis de la révélation », tout cela ne pouvait que déboucher sur une confusion entre la pratique scientifique, laquelle est neutre vis-à-vis de la pensée philosophique ou théologique, et la défense de la foi chrétienne. Du coup, les congrès scientifiques des catholiques demeurent encore trop tributaires du concept de science catholique et demeurent peu lisibles par les scientifiques du fait de l'ambivalence des communications et des discussions souvent situées entre apports scientifiques et apologétique. Toutefois et d'une façon beaucoup plus pertinente et novatrice, Maurice d'Hulst plaide pour une certaine interdisciplinarité, encore inconnue : « Le but de cette réunion est de mettre ces savants en rapport entre eux et de les amener ainsi à s'aider les uns les autres et à aider ultérieurement les théologiens qui ont besoin d'être renseignés sur le mouvement des sciences d'observation et sur celui de la critique historique » (Beretta, 1996, p. 305). La question de la création et ce qu'on appelle aujourd'hui créationnisme sont en filigrane : un minimum de connaissance scientifique s'impose, afin de montrer l'absence d'opposition entre science et théologie.

Dans l'entretien qu'il lui accorda, Léon XIII demanda à Mgr d'Hulst que les questions ayant un rapport avec la théologie ne soient jamais abordées par des non-théologiens. Cela signifie en clair que, dans les questions biologiques ou anthropologiques comme celles du transformisme, la compétence du scientifique chrétien s'arrête là où on décide que commence l'autorité du théologien, ce que beaucoup n'étaient plus forcément prêts à accepter en 1888. La question des limites de compétence entre science et théologie va se cristalliser autour du débat entre le transformisme et la lecture littéraliste de la Genèse.

4. Conclusion

Cet article retrace donc le combat de deux grandes figures d'ecclésiastiques du XIXe siècle qui s'efforcèrent de mettre en harmonie la religion catholique et le développement des sciences : l'abbé Moigno, essentiellement du côté de la diffusion des connaissances scientifiques et Mgr d'Hulst, du côté d'une philosophie des sciences qui puisse contribuer à souligner la compatibilité entre le progrès des sciences expérimentales, d'une part, la philosophie scolastique et la révélation chrétienne, d'autre part. Quels furent les écueils ? L'abbé Moigno s'est heurté essentiellement et peut-être sans en prendre pleinement conscience, au mouvement de spécialisation des sciences expérimentales et à la réalité de

la recherche scientifique de son temps ; il semble traiter le progrès scientifique et technique comme une accumulation continue de connaissances, supposées rentrer dans un cadre théorique plus ou moins acquis depuis Newton, si ce n'est depuis Malebranche. Sa tendance apologétique relève de la « science catholique » et le conduit à vouloir faire rentrer les faits scientifiques dans une théologie de la création. La tendance apologétique, si elle est finalement discrète chez Moigno, est bien présente chez Mgr d'Hulst, qui promeut la science et les scientifiques catholiques, mais en vue de défendre une complémentarité dynamique entre découvertes scientifiques, philosophie néoscolastique en voie de renouvellement (du moins l'espère-t-il) et dogme chrétien. Là aussi, même si le but est intelligent et motivant, il subsiste une visée apologétique dans la manière d'organiser les connaissances autour de la foi.

Dans ces tentatives, celle de Moigno et celle de Maurice d'Hulst, peut-on parler d'interdisciplinarité ? Chez Moigno, il semble qu'il y ait plutôt une pluridisciplinarité limitée à la vulgarisation des connaissances dans un contexte où les disciplines scientifiques n'ont pas atteint leur maturité ; quant à l'interdisciplinarité sciences, philosophie, théologie, elle demeure embryonnaire dans la pensée de l'abbé Moigno avec une démarche apologétique qui vient implicitement fausser toute tentative en ce sens. Par contre, on peut montrer un exemple de tentative de dialogue interdisciplinaire dans l'œuvre de Mgr Maurice d'Hulst, sans doute dans son travail d'organisation et ses apports intellectuels aux congrès scientifiques des catholiques plus que dans ses publications où il s'efforçait de tisser des liens entre les sciences de son temps et l'ontothéologie scolastique.

Bibliographie

Bensaude-Vincent, B. (1993). Un public pour la science : l'essor de la vulgarisation au XIXe siècle. *Réseaux*, (58), 47-66.

Beretta, F. (1998). *Monseigneur d'Hulst et la science chrétienne : portrait d'un intellectuel*. Paris : Beauchesne.

Bernadille (1876). Un type de savant de la vieille roche : l'abbé Moigno. Dans *Esquisses et croquis parisiens : petite chronique du temps présent* (pp. 96-102). Paris : Plon.

Broglie, A. Th. P. de (1881). *Le positivisme et la science expérimentale. Tome 2*. Paris : Société générale de librairie catholique.

Congrès (1889). *Congrès scientifique international des catholiques, tenu à Paris du 8 au 13 avril 1888* (tomes 1-2). Paris : Bureaux des « Annales de philosophie chrétienne ».

d'Hulst, M. (1891). *Le congrès scientifique des catholiques*. Paris : De Soye.

d'Hulst, M. (1903a). La métaphysique de l'école et la science : théorie de la substance. Dans *Mélanges philosophiques* (2e édition) (pp. 316-350). Paris : Poussielgue.

d'Hulst, M. (1903b). La métaphysique de l'école et la science : théorie de la cause et de la fin. Dans *Mélanges philosophiques* (2e édition) (pp. 351-371). Paris : Poussielgue.

Lagree, M. (1989). L'abbé Moigno, vulgarisateur scientifique (1804-1884). Dans *Christianisme et science* (pp. 167-182). Paris : Vrin.

Lagree, M. (1999). *La bénédiction de Prométhée : religion et technologie (XIXe-XXe siècle)*. Paris : Fayard.

Lamennais, H.F. (1831). Ce que sera le catholicisme dans la société nouvelle. *L'Avenir*, *30 juin 1831*, 75-85.

Langlois, C. (2014). « La science catholique » et l'histoire de l'exégèse contemporaine. *Archives de sciences sociales des religions*, 167, 213-231 ; mis en ligne le 20 octobre 2017, consulté le 01 janvier 2018.

Le Roux, F.P. (1868). *Les machines magnéto-électriques française et l'application de l'électricité à l'éclairage des phares : deux leçons faites à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*. Paris : Gauthier-Villars.

Leray, A.J. (1869). *Constitution de la matière et de ses mouvements* : *nature et cause de la pesanteur*. Paris : Gauthier-Villars.

Minois, G. (1991). *L'Église et la science. Tome 2*. Paris : Fayard.

Moigno, F. (1840). *Leçons de calcul différentiel et intégral. Tome 1*. Paris : Bachelier.

Moigno, F. (1849). *Traité de télégraphie électrique renfermant son histoire, sa théorie et la description des appareils*. Paris : Franck.

Moigno, F. (1860). *Cosmos : revue encyclopédique hebdomadaire des progrès des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie*, 17(2).

Moigno, F. (1864). *Résumé oral du progrès scientifique et industriel. Conférence de juillet 1864*. Paris : Étienne Giraud.

Moigno, F. (1867). *Les Éclairages modernes, conférence de M. l'abbé Moigno : éclairage aux huiles et essences de pétrole, éclairage au magnésium, éclairage au gaz oxhydrogène, éclairage à la lumière électrique, régulateur de la pression du gaz*. Paris : Gauthier-Villars.

Moigno, F. (1868). *Leçons de mécanique analytique*. Paris : Gauthier-Villars.

Moigno, F. (1869). Préface de l'éditeur. Dans Leray, A.J. *Constitution de la matière et de ses mouvements* : *nature et cause de la pesanteur*. Paris : Gauthier-Villars

Moulinet, D. (1996). Le jeune abbé d'Hulst, un prêtre libéral et social. Dans *Monseigneur d'Hulst, fondateur de l'Institut catholique de Paris* (C. Bressolette édit.) (pp. 43-74). Paris : Beauchesne.

Perru, O. (2014). *Sciences, raison et religion en France au XIXe siècle. Vol. 1*. Paris : Vrin.

Vapereau, G. (1870). *Dictionnaire universel des contemporains. Vol. 2* (4e édition). Paris : Hachette.

Revue des Questions Scientifiques, 2019, 190 (1-2) : 181-188

Analyse critique

« Sup en Poche »
Quelle aide pour quels étudiants ?

Jean-Baptiste Coulaud [1], Anne-Marie Guillaume [1],
Émilie Bertrand [1], Anne Genette [2]
Haute école Louvain-en-Hainaut
[1] *Catégorie technique – Campus de Mons*
[2] *Catégorie paramédicale – Campus de Montignies*

Cottet-Émard (François), *Toutes les maths pour bien commencer sa licence*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2017. – v, 249 p. – (Sup en poche). – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 16,00 €. – isbn 978-2-8073-1012-4.

Villain (Loïc), *Mécanique du point*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2017. – vi, 249 p. – (Sup en poche). – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 16,00 €. – isbn 978-2-8073-0766-7.

Taillet (Richard), *Optique géométrique*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2017. – viii, 245 p. – (Sup en poche). – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 16,00 €. – isbn 978-2-8073-0764-3.

Baggio (Stéphanie) - Rothen (Stéphane) - Deline (Stéphane), *Statistique descriptive*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2017. – 220 p. – (Sup en poche). – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 16,00 €. – isbn 978-2-8073-1491-7.

1. Présentation générale de la collection

La nouvelle collection « SUP-en poche » de De Boeck s’adresse, selon les orientations, aux étudiants dans les premières années du supérieur (bac 1 ou 2 en Belgique, licence 1 ou 2 en France). Elle se compose de différents livres présentant les matières abordées durant ces années d’études à un prix modéré (16 € chacun). Les orientations visées sont les études techniques et scienti-

fiques[1], les études en psychologie[2], ou celles en économie[3]. Quelques ouvrages sont déjà parus ; d'autres le seront prochainement (portant, par exemple, sur la thermodynamique, la chimie, l'analyse des données, etc.).

Chaque livre se présente sous la forme d'une vingtaine de fiches ou de cours. Chaque fiche présente les concepts principaux, avec des exemples bien choisis, et se termine par des exercices proposés avec leur corrigé pour que l'étudiant puisse s'auto-évaluer. La présentation, quoique toujours sobre, reste claire, aérée et en couleurs, ce qui rend les ouvrages agréables à lire ou, tout au moins, à feuilleter. Des notices dans des encarts colorés tentent d'attirer l'attention du lecteur sur les pièges usuels et donnent également des conseils et astuces pour une bonne utilisation ou compréhension de la matière.

Avant de fournir une analyse plus fine de chacun des quatre ouvrages que nous avons plus spécifiquement examinés, donnons le tableau suivant reprenant les caractéristiques communes à ces quatre ouvrages.

	Math	**Mécanique**	**Optique géométrique**	**Statistique**
Nombre de pages	250	250	250	220
Nombre de fiches	26	22	23	20
Nombre d'exercices	127	107	76	48
Indication étoile	NON	OUI (sur la longueur des calculs)	OUI (sur la difficulté)	NON
Résolution des exercices	Pour tous les exercices			
Logiciel	NON	NON	Sagemath	R
Longueur des exercices (nbr pages / ex.)	1/4 – 1	1/2 – 3	2	1/4 – 1
Encarts (méthodologie, mises en garde)	OUI			

2. Analyse critique de chacun des ouvrages

L'ambition annoncée de Toutes les maths pour bien commencer sa licence est de couvrir le programme du secondaire, rien de moins ! En deux cent cin-

1. http://www.deboecksuperieur.com/collection/sup-en-poche-sciences
2. http://www.deboecksuperieur.com/collection/sup-en-poche-psycho-0
3. http://www.deboecksuperieur.com/collection/sup-en-poche-eco

quante pages, c'est un défi certain. Il faut reconnaître qu'il est presque relevé. Disons que les quatre dernières années sont à peu près couvertes, ce qui est cohérent avec l'introduction. Outre des thématiques classiques d'algèbre, d'analyse et de géométrie, sont également présentées des fiches sur les bases du raisonnement ou encore sur les notations symboliques et l'emploi de lettres de l'alphabet grec.

On dispose là d'un ensemble de synthèses de tailles variables (de trois à treize pages) présentant les principes directeurs d'une notion (définitions, propriétés, théorèmes, points de méthode) agrémentés ci et là de quelques exemples. À une exception près, chaque synthèse se termine par quelques exercices corrigés (de deux à onze), de difficulté moyenne. Ceux-ci permettent de vérifier la compréhension de la plupart des éléments présentés dans le chapitre en cours. Cependant, il n'y a que très peu de redondances, ce qui implique l'utilisation de ressources supplémentaires si l'on souhaite s'entraîner.

Pour ce qui est du style, il suit la logique de l'ensemble : beaucoup d'informations en peu de mots, selon un rythme et des expressions qui, sans tenir de la grande littérature, restent dénués de lourdeur ce qui est plutôt agréable dans ce type de manuels. Le lecteur devra cependant rester vigilant pour quelques rares formules dans lesquelles subsistent l'une ou l'autre faute de frappe, aboutissant à des échanges malheureux de noms de variables ou de signe.

On regrettera peut-être l'absence de renvois d'une fiche à l'autre lorsqu'une notion s'appuie sur des propriétés extérieures à celle-ci. C'est fréquent et contraint le lecteur à retourner à la table des matières lorsque ce prérequis lui échappe. De même, un petit index des termes du vocabulaire mathématique aurait été bienvenu. On aurait aussi apprécié un plus grand nombre de représentations graphiques ou d'illustrations. Certes, celles-ci ne sont pas totalement absentes et l'on peut supposer que des impératifs liés à la longueur du livre ont conduit à une limitation du nombre des figures, mais c'eut été néanmoins une plus-value non négligeable, particulièrement pour les lecteurs plus sensibles à ce canal de communication.

En ce qui concerne le public-cible, le titre pourrait laisser entendre qu'il s'agit de l'outil indispensable pour toutes les filières confondues, ce que nuance le petit résumé en quatrième de couverture : l'ouvrage cible clairement les filières scientifiques de type universitaire. Sans doute, les étudiants des sections économiques y trouveront également un support utile, bien qu'un tiers des chapitres ne leur soit nullement destiné. Tout autre lecteur potentiel fera bien de feuilleter attentivement quelques pages avant de se décider à utiliser l'ensemble.

Il est par exemple fort peu probable qu'un étudiant d'une filière technique non universitaire puisse y trouver satisfaction, l'approche formelle proposée étant sans doute peu adaptée.

Malgré les quelques reproches formulés ci-dessus, si l'on considère comme incompressible la quantité d'informations rapportées, il est certainement difficile, pour ce nombre de pages, de faire mieux. Tout(e) étudiant(e) du public cible ayant encore quelques lacunes en mathématiques trouvera donc dans cet opuscule de quoi réparer quelques brèches et repartir du bon pied dans les disciplines scientifiques de première année universitaire.

* * *

L'ouvrage Mécanique du point se scinde en deux parties pour présenter des notions de cinématique et de dynamique.

La partie cinématique est très formelle et mathématique : un grand nombre de fiches concernent des repères et systèmes de coordonnées complexes (polaire, cylindrique, sphérique, curviligne, de Frenet…) et la description classique de la cinématique en coordonnées cartésiennes passe presque inaperçue. Le cas plan n'est pas non plus privilégié. Les développements se font essentiellement de manière vectorielle et non par composantes. Les équations classiques du MRU et du MRUA ne sont pas rappelées (sans doute sont-elles considérées comme un cas particulier trop simple). Beaucoup d'exercices sont de l'entraînement mathématique sans grande signification physique ou des vérifications de propriétés. Dans certains cas, les formules qui auraient leur place dans le résumé de cours ou qui pourraient constituer une fiche sont simplement énoncées dans la résolution des exercices qui nécessitent leur emploi (produit scalaire, norme, matrice de rotation…). Les exercices avec un véritable contexte physique représentent environ 20 % du total.

La partie dynamique veut couvrir énormément de matière en peu de pages ! La première fiche définit les forces, donne les trois lois de Newton et, dans les cinq exercices associés, ne propose rien de moins que de résoudre un système à masse variable avec résolution d'une équation différentielle (fusée – équation de Tsiolkovski) et de vérifier le principe de relativité de Galilée. La seconde fiche conduit déjà aux forces de Coulomb et de Lorentz, en plus des forces classiques (poids, force de gravitation, force normale, loi de Hooke, forces de frottement) et présente l'équation du pendule et celle de l'oscillateur harmonique. L'étude des notions de travail et d'énergie se fait directement sous forme infinitésimale et intégrale, le cas particulier de la force constante ou le fait que

le travail d'une force constante ne dépende pas du chemin parcouru n'apparaît que sous forme d'exercices (à démontrer à partir de la forme générale). Il est également à noter que dans ces deux parties, le résumé de cours et surtout les résolutions d'exercices gagneraient à comporter plus de schémas et de figures : visualiser clairement une situation physique et y indiquer les conventions de notations est en général un bon point de départ !

Ce livre apparaît donc essentiellement comme un aide-mémoire destiné aux étudiants en premier cycle de mathématiques-physique ou en faculté polytechnique ayant reçu un enseignement conséquent en mécanique newtonienne avec un accent sur les aspects mathématiques et formels. Il peut, peut-être, les préparer à des concours.

* * *

L'ouvrage de Richard Taillet, présentant des notions de l'optique géométrique, débute par le concept de lumière, de réflexion et réfraction, pour ensuite présenter, notamment, les miroirs, dioptres lentilles et instruments d'optique associés. Les points traités dans cet ouvrage permettent de balayer, ne serait-ce que rapidement, les éléments incontournables de l'optique géométrique.

Les fiches rappellent de manière très succincte la théorie (propriétés, formules, relations), en une ou deux page(s). Suivent ensuite, en moyenne, trois ou quatre exercices. Le choix de présenter un chapitre de manière rapide et condensée permet à l'étudiant de cibler les notions théoriques indispensables. Les mots clés indiqués en début de chaque chapitre invitent le lecteur à faire des liens, soit entre les chapitres du livre, soit avec des lectures connexes et/ou avec le syllabus du cours suivi dans son cursus. Les fiches de rappel peuvent ainsi être considérées par l'étudiant comme un résumé des notions théoriques nécessaires à la résolution de problèmes.

L'agencement des chapitres est adéquat, puisqu'il propose un rappel des notions dans un ordre de difficulté croissant et/ou dans un ordre respectant l'intégration nécessaire de connaissances préalables à la compréhension d'une notion nouvelle. Il est, par exemple, indispensable de maîtriser et de travailler la notion de réfraction avant de s'intéresser aux lentilles, étape elle-même indispensable avant l'étude, par exemple, des instruments d'optique tels que la loupe, le télescope ou le microscope.

Certains éléments permettent également d'approfondir une notion, en abordant par exemple l'utilisation de l'optique matricielle dans certains cas, mais sans que cela ne gêne la progression dans les chapitres ultérieurs si cette

notion, plus avancée, n'a pas été vue par l'étudiant. La résolution de certains exercices est également agrémentée d'une résolution numérique au travers de courts programmes à recopier dans le logiciel SageMath accessible librement.

Il est cependant important de mentionner que ce livre ne peut aucunement se substituer à un ouvrage beaucoup plus complet présentant les développements théoriques, les démonstrations et les explications associées. Il se propose de rappeler succinctement des propriétés et des formules pour s'attarder plus longuement sur la résolution d'exercices et leur utilisation dans des applications.

Il est à noter que l'ouvrage ne présente (quasiment) pas d'exercices de base sur les différentes notions. Le niveau des problèmes proposés, au même titre que les brefs rappels théoriques, présuppose une maîtrise préalable d'exercices basiques.

Dans le même ordre d'idée, mentionnons que beaucoup d'exercices choisis sont vite fort mathématiques, en restant formels, ne présentant donc pas de valeurs numériques et ressemblant de ce fait plus à des exercices de démonstration de relations entre différentes variables clés dans la modélisation du système étudié. C'est, certes, un exercice important à travailler et à entraîner, permettant de démontrer la réelle maîtrise des concepts et nécessitant un degré d'abstraction peut-être trop souvent négligé. Cependant, le niveau de complexité des problèmes proposés risque dès lors de ne pas convenir à tout type d'études supérieures (par exemple, les sections en enseignement supérieur non universitaire). Avant l'achat, une réflexion est donc à mener sur le niveau de maîtrise et de compétences que l'étudiant doit atteindre.

Dans l'exposé de la résolution de certains exercices, des encadrés fournissent des conseils méthodologiques sur les astuces à utiliser. Il aurait peut-être été opportun de généraliser leur utilisation et de proposer ainsi au lecteur des pistes pour le guider dans la démarche à suivre pour la résolution du problème. On aurait ainsi conseiller l'étudiant sans directement lui fournir la résolution détaillée.

Terminons en saluant l'effort déployé par l'auteur, au travers du choix des exercices et problèmes proposés, afin de démontrer l'intérêt de l'optique géométrique. L'accent est notamment mis sur des applications (appareil photo, réfractomètre, mirage, fibre optique, modélisation de l'œil, ...). Cette mise en contexte permet de démontrer l'importance de l'optique géométrique dans diverses applications techniques et scientifiques, ce qui est susceptible d'accroître l'intérêt de l'étudiant pour ce domaine.

* * *

Le livre de Statistique descriptive s'adresse principalement à des étudiants qui se destinent à des études supérieures en psychologie. Il se divise en quatre parties principales regroupant au total une vingtaine de fiches. À la fin de chaque fiche, quelques exercices permettent de consolider l'apprentissage.

La première partie, assez détaillée, s'intéresse à la méthodologie et au vocabulaire utilisés dans le recueil des données. La méthode scientifique (théorie, hypothèse, expérience et conclusion), les notions de population et d'échantillon, les différents types de variables et échelles de mesure sont abordés. Une introduction aux plans d'expérience termine cette partie. La deuxième est consacrée aux tableaux : base de données, tableaux de fréquence, tables de contingence, comment résumer et présenter les résultats. La troisième aborde les graphiques : densité et fonction de répartition, histogrammes, boites à moustaches et graphiques bivariés. On peut regretter qu'aucune représentation des données appariées ne soit présentée. La quatrième partie aborde les indices numériques de tendance centrale (moyenne et médiane) et de dispersion (étendue, variance et écart-type), de position (rang, quantile, score z). La transformation en z score est décrite de manière assez succincte et aurait pu être plus détaillée graphiquement pour la compréhension. De même, les indices de forme et le diagramme quantile-quantile sont présentés mathématiquement, mais peu expliqués. Une brève introduction au logiciel R termine l'ouvrage. Elle permet au lecteur de traiter les exemples et les exercices en ayant recours aux fonctions statistiques de R. Les données des exemples traités sont disponibles sur le site internet ainsi que les scripts utilisés pour leur traitement.

Les auteurs (qui ne manquent pas d'humour dans leur présentation personnelle) ont su rendre cette matière intéressante en éveillant le sens critique du lecteur par leurs questions, leurs commentaires et par le choix d'exemples ludiques compréhensibles par tous. L'accent est mis sur la description et la présentation des résultats avant le calcul des statistiques proprement dit : comment les présenter simplement sans se réfugier dans un jargon statistique incompréhensible pour le néophyte.

Bien que ce livre soit repris dans la catégorie « Psycho » (les exemples fournis relèvent en effet essentiellement de cette branche), il pourrait être également approprié pour des étudiants se dirigeant vers les domaines bio-médicaux ou purement scientifiques, en guise d'introduction à la statistique descriptive.

3. Conclusion sur les quatre livres analysés

La collection est homogène sur le plan de l'esthétique éditoriale : sa présentation sobre, mais dynamique rend chaque volume plutôt agréable à feuilleter. L'objectif global reste toujours de situer un pan de matière moins sous la forme d'un cours complet que d'un résumé dense suivi de quelques exercices clés. En revanche, la collection « SUP-en poche » nous semble plus hétérogène quant au public cible, que ce soit en termes de contenu (type d'exemples et de notions déployées), de niveau du degré de technicité ou de maîtrise préalable du lecteur. Quoique cette collection soit assez prometteuse à plusieurs égards, il conviendra donc de s'interroger au cas par cas sur la pertinence de l'achat en fonction du profil du lecteur potentiel, tant du point de vue des études suivies que des compétences à acquérir.

Revue des Questions Scientifiques, 2019, 190 (1-2) : 189-196

Analyse critique

Les musiciens, la maladie et la médecine

Philippe Caspar
Hôpital Sainte-Thérèse
Service de Médecine Interne
Bastogne
philippe-casparfred@skynet.be

Pinet (Patrice), *Les musiciens, la maladie et la médecine de Guillaume de Machaut à Béla Bartók*. – Paris : L'Harmattan, 2017. – 409 p. – (Médecine à travers les siècles). – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 39,00 €. – isbn 978-2-343-13073-6.

Dans ce livre, Patrice Pinet croise les histoires multiséculaires de la médecine et de la biologie avec celle de la musique occidentale à travers une galerie de musiciens confrontés, comme tout un chacun, à la maladie dans leur existence et ce parfois, comme dans le cas de Robert Schumann, jusqu'à l'intime de leur génie créateur (« J'entends le *la* »). Ce travail bien structuré et richement documenté se lit avec une égale passion, que l'on soit médecin, biologiste, historien des sciences de la vie, musicien ou tout simplement mélomane.

L'originalité de l'ouvrage est double. Tout d'abord, l'angle d'analyse privilégié par l'auteur est celui de la collection *La médecine à travers les siècles*[1]. L'au-

1. Un mot sur cette collection s'impose. À l'heure où les questions d'éthique médicale focalisent l'attention des médias, au point de laisser dans l'ombre les questions centrales d'épistémologie et de philosophie de la médecine (Caspar, 2007), la collection « Médecine à travers les siècles » comble un vide dans l'édition francophone. À notre connaissance, il s'agit du seul projet éditorial publiant de manière soutenue des ouvrages traitant de points méconnus, voire franchement tombés dans l'oubli, de l'histoire de la médecine. Un second fil rouge la sous-tend. La collection veut montrer l'extrême intrication du savoir médical et de la pratique clinique dans la culture, la vie sociale et les enjeux politiques de chaque époque. Ni la médecine ni la biologie ne sont des îles perdues dans un « splendide isolement ». Elles sont en interaction constante avec les idées de leur temps. Prix

teur se situe à l'intersection de la vie de quelques grands compositeurs (dont il explore le vécu face aux épreuves), de l'histoire de certaines problématiques médico-biologiques (la peste, la syphilis, la tuberculose, les néoplasies, les progrès de la thérapeutique dans ces différents domaines par exemple), et d'une sociologie de la perception de ces maux par les différentes sociétés. Ensuite, la vaste culture médicale de l'auteur lui permet de balayer de nombreux secteurs du champ nosographique, qu'ils soient somatiques ou psychiatriques. Il est suffisamment rare de rencontrer un praticien à l'aise avec un égal bonheur dans les maladies somatiques et dans les affections psychiques pour ne pas souligner d'emblée cette largeur de vue.

Précisons-le d'entrée de jeu : la prétention de l'auteur n'est pas de faire œuvre de musicologue. Patrice Pinel abandonne bien volontiers cette tâche aux professionnels de cette discipline. Son intuition est tout autre. Certes, la musique repose sur une maîtrise technique qui ne s'acquiert que par une formation spécialisée. Mais elle est aussi ce langage d'émotions qui va du génie créateur d'un compositeur, éprouvant dans son être toute la palette des sentiments humains, à l'âme de l'auditeur via le plus intime des interprètes. Elle ne se réduit pas plus à la musicologie que la littérature ne se laisse enfermer par la critique littéraire. Les revues et les radios spécialisées le savent bien. Les rubriques du type « L'œuvre du mois », les émissions du genre « La table d'écoute » exploitent cette circularité, l'œuvre proposée étant ressentie différemment par les auditeurs en fonction des interprètes.

Homme d'immense culture, Hermann Hesse exprimait cet échange de manière magistrale :

> « C'est le secret de la musique qu'elle n'exige que notre âme, mais qu'elle la veuille toute entière. Elle ne demande ni intelligence, ni culture ; par-delà toutes langues, toutes sciences, sous des formes ambivalentes mais évidentes en dernière analyse, elle représente l'âme de l'homme » (Hesse, 1997, p. 128).

Le livre de Patrice Pinet ne propose donc aucune analyse de partition. En revanche, les notes de bas de page attestent d'une familiarité et d'une connaissance approfondies des écrits intimes, des journaux, des correspondances, des traités médicaux de première main sur telle ou telle problématique.

Nobel de médecine, François Jacob avait déployé cette idée dans *La logique du vivant* (1970). L'ouvrage de Pinet ne peut vraiment se comprendre que dans ces deux perspectives (Caspar, 2015).

La galerie des compositeurs retenus est impressionnante : Guillaume de Machaut, victime de la goutte et devenu borgne à la fin de sa vie, contemporain de l'une des nombreuses épidémies de peste auxquelles l'Occident fut confronté ; Georg Friedrich Haendel, atteint de troubles boulimiques responsable d'une obésité et, sur le coup de ses cinquante ans, d'une paralysie considérée aujourd'hui comme périphérique ; Wolfgang Amadeus Mozart, atteint dans son enfance d'un purpura rhumatoïde d'Hénoch-Schönlein et mort d'insuffisance cardiaque et rénale (p. 77) ; Franz Schubert, atteint de syphilis et mort de la fièvre typhoïde ; Niccolo Paganini, atteint lui aussi de syphilis, mais également de la tuberculose ; Robert Schumann, autre victime de la syphilis et souffrant d'un plus que probable trouble bipolaire sur lequel nous reviendrons ; Fryderyk Chopin, ayant contracté durant sa jeunesse une « chaude-pisse » avec une obscure Thérèse et issu d'une famille touchée par la phtisie pulmonaire ; Franz Liszt, atteint d'hépatite à la fois alcoolique et médicamenteuse, d'une furonculose tenace (1856-1857) et d'une déficience visuelle liée à une cataracte ; Modest Petrovitch Moussorgski mort dans une crise d'intoxication alcoolique aiguë ; Claude Debussy, tabagique précoce, dépressif (en proie périodiquement à des idées suicidaires actives), décédé d'un cancer rectal ; Bela Bartok, atteint d'une leucémie myéloïde chronique ; Pergolèse, victime de la tuberculose au même titre que Carl Maria von Weber ; la Malibran, l'une des grandes cantatrices du XIXe siècle, morte, semble-t-il d'un hématome sous-dural consécutif à une chute en cheval et grande adepte de l'homéopathie ; Gaetano Donizetti, qui traîna une syphilis durant toute sa vie à l'instar de Hugo Wolff et de Baruch Smetana (ce dernier, atteint de surdité tout comme Beethoven, mourut dément à l'instar de Schumann).

L'auteur ne se réduit toutefois pas à une imposante bibliothèque. Son travail s'articule autour de plusieurs axes directeurs.

Patrick Pinet rappelle tout d'abord la toile historique et les principales données biographiques d'un compositeur. Ce dernier est étudié sous l'angle très particulier de son rapport avec la maladie (et donc *in fine* avec la mort), que cette dernière soit somatique ou psychique, ou avec les fléaux (par exemple, les grandes épidémies) de son temps. On lit avec étonnement que Guillaume de Machaut, compositeur de l'extraordinaire *Messe Nostre-Dame* et de la ballade *Ne quier veoir du voir dit*, par ailleurs le plus grand poète français de son temps, approuva le massacre des Juifs, rendus responsables par la vindicte populaire de la peste (pp. 21-22).

Ensuite, Patrice Pinet prend acte d'un déplacement des problématiques médicales au cours des siècles. Durant le XXe siècle, les grandes épidémies ré-

currentes (la peste, le choléra, la tuberculose, la syphilis, notamment) disparaissent ou sont contrôlées par l'arsenal thérapeutique[2] qui se constitue. La syphilis, autrefois traitée par des sels d'arsenic, est aujourd'hui gérée avec succès par la pénicilline[3]. En revanche, les addictions (contemporain de Thomas de Quincey, connu pour *Les confessions d'un mangeur d'opium*, Moussorgsky vit une inexorable descente aux enfers, en proie à un alcoolisme très sévère), les cancers, les affections psychiatriques — les troubles de l'humeur notamment — envahissent le champ nosographique.

Enfin, — et ce dernier axe nous semble être le plus important —, l'auteur introduit son lecteur dans l'intimité d'un compositeur familier confronté à ces expériences humaines fondamentales que sont la maladie, la souffrance, la douleur et la mort. Le Liszt épuisé approchant de la fin de sa vie ne compose plus comme le virtuose adulé des premières années. La gravité des amours déçus (l'interprète-compositeur finit par se lasser de la mélancolie de Marie d'Argoult) et la redécouverte de la spiritualité ont fait mûrir le compositeur qui finit par léguer une œuvre religieuse empreinte de sérénité. Au XIX[e] siècle, la fréquence des contaminations par le trépomène mâle à l'occasion des amours adolescents (Fryderyk Chopin, ayant contracté durant sa jeunesse une « chaude-pisse », en restera marqué à vie[4]), les ravages de la syphilis (à cette époque, on attribuait de grands mérites aux sels de mercure dont la toxicité s'avéra redoutable), les complications neuropsychiatriques de cette maladie sexuellement

2. Exception faite notamment de la pandémie grippale de 1918 qui fit des millions de morts (Saul, 2018). Sur les pandémies en général, voir Debrez & Gonzalès, 2013. Sur la grippe espagnole, voir notamment Guénal, 2004 ; Lahaie, 2011.
3. Voir notamment Tilles & Wallach, 1996a et 1996b ; Quétel, 1986. La toxicité du mercure était très grande lorsqu'il était utilisé à des doses excessives ce qui était souvent le cas. La Correspondance de Madame de Sévigné fait de temps à autre allusion à la syphilis contractée par son fils, le baron de Sévigné, homme à femmes. Saint-Simon relate par ailleurs l'effet d'une cure de mercure sur la santé du Duc de Vandôme : « … le Roi lui avait dit son avis, et l'avait pressé de songer à sa santé, que ses débauches avaient mises en fort mauvais état… Il revint à la Cour avec la moitié de son nez ordinaire, ses dents tombées, et une physionomie entièrement changée et qui tirait sur le niais. » (Saint-Simon, 1982, p. 615). La note 11 fait état de l'usage de l'onguent napolitain, à base de sels de mercure, qui « était particulièrement toxique ; excitant la salivation, mais desquamant la peau, enflammant les muqueuses, déchaussant les dents et corrodant les gencives. » (Saint-Simon, 1982, p. 1468). La compréhension moderne de cette MST repose sur l'identification de l'agent causal (Treponema pallidum), la description clinique et anatomo-pathologique de quatre stades de l'affection et sur la mise au point d'un traitement (voir Ryan, Ray, Ahmad, & *et al.*, 2010, pp. 643-653).
4. Édouard Ganche (1935) s'interroge longuement sur la retenue sexuelle dont Chopin fit preuve toute sa vie.

transmissible (la démence de Smetana n'était-elle pas — du moins partiellement — une complication de sa syphilis ?) ont contribué à colorer certaines compositions. *Une nuit sur le Mont Chauve* ne reflète-t-elle pas le tempérament échevelé de Moussorgsky, doté d'une sensibilité exacerbée comme tout malade alcoolique ?

Pinet consacre de nombreuses pages à l'impact de la bipolarité — du moins est-ce aujourd'hui le diagnostic le plus souvent retenu selon les critères du DSM-IV — dont souffrait Robert Schumann sur son art[5]. Déjà, les chefs d'œuvre pianistiques de jeunesse expriment une alternance toute en tension entre deux humeurs, incarnées par Florestan et Eusébius. C'est le cas notamment des *Davidsbündlertänze*, *opus* 6, des *Variations sur un nocturne de Chopin*, *opus* 15, de *Carnaval*, *opus* 9, des *Kreislenaria*, *opus* 16, ou des *Phantasiestücke*, *opus* 111)[6]. Non traitée (à l'époque, on ne connaissait ni les neuroleptiques ni les thymorégulateurs), sa maladie évolua jusqu'au délire et aux hallucinations. Schumann finit par se jeter dans le Rhin pour échapper au « *la* » qui résonnait dans son esprit. Mais qu'est-ce donc que le « *la* », sinon cette note, jouée par le premier hautbois pour permettre à l'orchestre de s'accorder ? Que signifiait donc — car toute folie a un sens — cette résonance lancinante du « *la* » dans l'esprit de Schumann, sinon sans doute le rappel obsédant de l'harmonie déchue de son « Moi ».

Sur le plan méthodologique, l'auteur se trouve confronté à deux difficultés fondamentales, qui sont inhérentes à toute recherche sur l'histoire de la médecine ou de la pharmacologie.

La première consiste à prendre acte de descriptions pathologiques anciennes, nourries des connaissances, des appréhensions, des superstitions parfois, d'intuitions géniales de temps à autre au travers de textes datés d'époques révolues à travers le prisme des critères rigoureux et univoquement définis de la médecine scientifique moderne. L'exercice de ce grand écart se révèle être un exercice d'équilibre de tous les instants entre les deux pôles de ce binôme fondamental {altérité-identité}. Connue depuis Hippocrate (pp. 126-127), le cas de la tuberculose en est une belle illustration. Son approche moderne est étroitement liée au nom de René-Théophile-Hyacinthe Laënnec (1781-1826).

5. André, 1982 ; Strecker, 1984 ; Schneider, 1989 ; François-Stappey, 2000 ; Vetroff-Muller, 2004.

6. Lalvée (2013) montre que dans *Papillons*, *opus* 2, Schumann transpose au piano le bal masqué d'un roman d'Ernst Theodor Amadeus Hoffmann (*L'Âge ingrat*, *Die Flegeljahre*), qui relate l'échange des masques entre deux frères jumeaux, Vult et Walt, pour obtenir les faveurs de la belle Winna.

Ce dernier avait révolutionné la sémiologie pulmonaire en mettant en correspondance les bruits pulmonaires et cardiaques avec les lésions anatomo-pathologiques sous-jacentes. Cette méthode, que la découverte du stéthoscope avait permise, est connue sous le nom d'auscultation médiate (Laënnec, 1819). Si les mécanismes bactériologiques, physiopathologiques et moléculaires étaient sans aucun doute identiques à ceux qui s'expriment aujourd'hui (pôle identitaire), elle s'est aussi manifestée et a été perçue parfois tout à fait différemment (selon les conditions d'hygiène, les variations climatiques, les possibilités de prévention, les facteurs économiques, etc.) aux différentes époques (pôle altérité). Il en va de même pour les autres grandes pathologies, les épidémies notamment. Comme toute entreprise humaine, la médecine a une histoire à travers laquelle elle s'est façonnée au fils des siècles jusqu'à devenir le complexe médico-biologico-industriel que nous connaissons aujourd'hui. De ce point de vue, l'ouvrage de Patrice Pinet participe à l'œuvre de mémoire de la médecine sur elle-même.

La seconde difficulté est celle de l'élaboration d'une nécessaire méthodologie de l'interdisciplinarité. Un exemple illustre cette question. Quand à la page 127, Patrice Pinet écrit :

> « Depuis surtout le XIe siècle les rois de France étaient censés guérir cette maladie par le "toucher royal", qui perdura jusqu'à l'époque de Louis XVI, et qui fut même reprise sous la restauration par Charles X lors de son sacre à Reims en 1825. Charles X toucha 120 à 130 scrofuleux à l'Hôpital Saint-Marcoul de Reims et cinq d'entre eux furent considérés comme guéris en trois mois. Les Rois d'Angleterre, par la grâce de Dieu, étaient aussi dotés du pouvoir de guérir les écrouelles. Charles II, par exemple, procéda à 6000 touchers en moyenne par année de règne. »

Or, comment comprendre cette pratique sans se référer au livre magistral que Marc Bloch (1961) avait consacré au caractère surnaturel que l'imaginaire populaire attribue à la puissance royale durant le Moyen Âge ? Cette pratique, survivant jusqu'après la Révolution, plonge ses racines dans la construction transséculaire de la fonction royale en France et en Angleterre. Une contextualisation est donc nécessaire pour comprendre cette pratique « thérapeutique », qui n'est peut-être pas non plus sans évoquer l'origine de la médecine occidentale dans les temples grecs. Un tel travail de mise en perspective historique est par ailleurs hautement salutaire pour notre pratique médicale actuelle. En effet, nous sommes tellement habitués au « fonctionnement » de notre médecine moderne, avec son pôle hospitalier, son pôle ambulatoire, son réseau industriel

pharmaceutique, son complexe scientifique, que nous ne percevons plus toujours les conditions socio-économiques dans lesquelles elle s'insère.

Un travail de cette ambition ne requiert donc pas seulement une récolte impressionnante des sources. Une compilation, aussi ample soit-elle, ne permet pas automatiquement d'être novateur ou créatif. Une bibliothèque n'est pas une pensée, mais inversement, il n'y a pas de pensée sans bibliothèque. Une enquête aussi vaste ne peut se concevoir sans une maîtrise organisée de sources obéissant à des logiques et à des méthodologies différentes. Patrice Pinet n'est pas un épistémologue dans le domaine complexe des sciences humaines. Sa force dans ce livre consiste en cette capacité de situer les différents types de sources les unes par rapport aux autres, et ce de manière à la fois synchronique et diachronique, dans une aptitude réelle à construire pour chaque compositeur un jeu de miroir à travers lequel les anecdotes, les correspondances, les traités médico-scientifiques, le rendu de « l'air du temps », l'évocation des contemporains introduisent l'amateur passionné de musique au vécu d'un compositeur et, dans certains cas, à certaines œuvres médicales.

C'est le côté pédagogique, largement occulte, mais présent de manière souterraine, de ce livre stimulant.

Bibliographie

André, P. (1982). *Schumann : les chants de l'ombre*. Paris : J.-C. Lattès.

Bloch, M. (1961). *Les Rois thaumaturges : étude sur le caractère surnaturel attribué à la puissance royale particulièrement en France et en Angleterre*. Paris : Armand Colin.

Caspar, P. (2007). Trop présente, la bioéthique occulte. *La Libre Belgique*, 22 mai 2007, 31. Publié en ligne sur le site www.lalibre.be).

Caspar, P. (2015). « La médecine à travers les siècles » : regards croisés sur l'histoire de la médecine. *Le Journal du Médecin*, 21 août 2015, 10-11.

Debrez, P., & Gonzalès, J.P. (2013). *Vie et mort des épidémies*. Paris : Odile Jacob.

François-Stappey, B. (2000). *Robert Schumann*. Paris : Fayard.

Ganche, E. (1935). *Souffrances de Frédéric Chopin : essai de médecine et de pathologie*. Paris : Mercure de France.

Guénal, J. (2004). La grippe « espagnole » en France en 1918-1919. *Histoire des sciences médicales*, 38(2), 165-175.

Hesse, H. (1997). *Musique* (traduction française par J. Malaplate). Paris : José Corti.

Jacob, F. (1970). *La logique du vivant : une histoire de l'hérédité*. Paris : Gallimard.

Laënnec, R.T.H. (1819). *De l'auscultation médiate, ou Traité du diagnostic des maladies des poumons et du cœur, fondé principalement sur ce nouveau moyen d'exploration* (vol. 1-2). Paris : J.-A. Brosson et J.-S. Chaudé.

Lahaie, O. (2011). L'épidémie de grippe dite « espagnole » et sa perception par l'armée française (1918-1919). *Revue historique des armées*, 262, 102-109.

Lalvée, B. (2013). La manie sublime de Robert Schumann. *Figures de la psychanalyse*, (26), 229-252.

Quétel, C. (1986). *Le mal de Naples : histoire de la syphilis*. Paris : Seghers.

Ryan, K.J., Ray, C.G., Ahmad, N., Drew, W.L., & Plorde, J.J. (edited by) (2010). *Sherris Medical Microbiology* (5th edit.). New York : McGraw Hill Books.

Saint-Simon, L. de Rouvroy (édit. 1982). *Mémoires. Tome 1 : 1691-1701*. Paris : Gallimard.

Saul, T. (2018). Grippe espagnole, première pandémie mondiale. *Histoire et civilisation : Le Monde-National Géographic*, (45), 10-13.

Schneider, M. (1989). *La tombée du jour : Schumann*. Paris : Seuil.

Strecker, R. (1984). *Robert Schumann : le musicien et la folie*. Paris : Gallimard.

Tilles, G., & Wallach, D. (1996a). Histoire du traitement de la syphilis par le mercure : 5 siècles d'incertitudes et de toxicité. *Revue d'histoire de la pharmacie*, 84(312), 347-351.

Tilles, G., & Wallach, D. (1996b). Le traitement de la syphilis par le mercure : une histoire thérapeutique exemplaire. *Histoire des sciences médicales*, 30(4), 501-510.

Vetroff-Muller, C. (2004). *Robert Schumann : l'homme*. Paris : L'Harmattan.

Analyse critique

Constitution des connaissances scientifiques et didactique

Jean Dhombres
Centre Koyré
École des Hautes Études en Sciences Sociales
Centre National de la Recherche Scientifique
jean.dhombres@cnrs.fr

Épistémologie & didactique : synthèses et études de cas en mathématiques et en sciences expérimentales / coordonné par Manuel Bächtold, Viviane Durand-Guerrier, Valérie Munier. – Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté, 2017. – 268 p. – (Didactiques). – 1 vol. broché de 16 × 22 cm. – 26.00 €. – isbn 978-2-84867-603-6.

Hoang (Lê Nguyên), *La formule du savoir : une philosophie unifiée du savoir fondée sur le théorème de Bayes* /préface de Gilles Dowek. – Les Ulis : EDP sciences, 2018. – 402 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 49.00 €. – isbn 978-2-7598-2260-7.

Sesiano (Jacques), *L'arithmétique de Pamiers : traité mathématique en langue d'oc du XVe siècle*. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2018. – 380 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 49,50 CHF. – isbn 978-2-88915-242-1.

Élias (Norbert), *La dynamique sociale de la conscience : sociologie de la connaissance et des sciences* / traduit de l'anglais par Marc Joly, Delphine Moraldo et Marianne Woollven et de l'allemand par Hélène Leclerc ; édition, supervision scientifique et présentation par Marc Joly ; préface de Bernard Lahire. – Paris : La Découverte, 2016. – 332 p. – (Laboratoire des sciences sociales). – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 24,00 €. – isbn 978-2-7071-7632-5.

Je sais qu'il peut paraître saugrenu de grouper plusieurs ouvrages relevant de disciplines différentes pour les présenter aux lecteurs de la *Revue des Questions Scientifiques*. Mais les quatre ouvrages recensés ici portent sur des sujets d'appropriation scientifique, et tous les quatre analysent des conciliations entre disciplines. Entre sociologie et philosophie pour le dernier ouvrage nommé,

entre épistémologie et didactique pour le premier nommé, entre probabilités et théorie de la connaissance (ou plutôt *epistemology*) pour le deuxième. Seul le troisième semble bien à part des autres, relevant de l'érudition des études sur le livre. Cette *Arithmétique de Pamiers* croise tout aussi bien les problèmes de la didactique, et justement la question d'un traitement monodisciplinaire. Ne serait-ce que parce qu'il y est question et de mathématiques et d'histoire ; ce qui ne suffit pas à faire histoire des mathématiques.

C'était d'autant plus une très bonne idée de publier en français des textes de Norbert Elias datant des décennies 1970-1980 sur la sociologie de la connaissance et des sciences qu'un remarquable travail de traduction et même d'adaptation de l'anglais et de l'allemand a été entrepris. De sorte que la pensée de l'auteur de la *Société de cour* ou du *Processus de civilisation* est ici rendue sans jargon, avec une densité particulière dans l'argumentation, et quasiment sous forme de dialogues dans une lutte intellectuelle, notamment avec Karl Popper, Imre Lakatos, mais aussi bien Thomas Kuhn, et même en filigrane avec Gaston Bachelard. Sociologie donc contre philosophie des sciences ! On pourrait prétendre, malgré la qualité du style, que l'actualité d'aujourd'hui n'est plus là, tant les débats sur l'interne ou l'externe en histoire des sciences ont fait l'objet de banales et fastidieuses questions de cours dans les universités, voire même dans l'enseignement secondaire. C'est la fraicheur de vues de Norbert Elias qui redonne à ces débats anciens une nouvelle vigueur ; car il remet sur la sellette la question même du progrès qui se trouve au cœur de bien de nos contradictions actuelles, sur l'écologie, sur la politique scientifique, sur l'autonomie de la technique, sur le bouleversement numérique, sur le sens même des valeurs de changement, et la nécessité d'y adapter les formes de la transmission, donc la didactique, mais bien sûr aussi sur l'intérêt même de faire des sciences au lieu de surfer sur les questions générales.

Certes, des problèmes paraissent spécifiques, mais justement la juxtaposition que je fais avec trois autres ouvrages permet de voir qu'il y a moins de particularités qu'on ne le pense. Ainsi dans le texte le plus récent présenté dans le recueil (texte écrit en allemand, qui date de 1986, soit quatre ans avant la disparition du sociologue), Elias parle de l'usage du terme « nature » comme symbole de bien-être et de santé qui « témoigne de la façon dont les êtres humains ne cessent de rechercher en dehors de leur monde des remèdes à leurs maux et à leurs souffrances, aspirent à ce qu'une puissance extrahumaine les sortent d'un état d'insécurité permanent. [...] Comme si, dans leurs comportements, les humains ne pouvaient jamais se fier à des régularités et contraintes venues d'eux-mêmes, mais avaient constamment besoin qu'un pouvoir non

humain vienne alléger les menaces pesant sur leur existence fragile » (p. 289). Or le troisième recueil de textes considère que la didactique ne peut exister qu'une fois la conscience prise qu'existe une distance entre le naturel quasiment transcendant qui se dégage d'une théorie dans le cadre du consensus savant (sous la forme métaphorique de la « divine » présentation d'Archimède, de Newton, voire d'Einstein), et la nécessaire construction de l'évidence dans une classe aussi bien qu'à l'Université qui représenterait l'empirisme essentiel de l'apprentissage. Cette opposition est théorisée dans le livre *Épistémologie et didactique* par le recours à l'histoire : ce seraient les obstacles épistémologiques rencontrés au cours des temps, surtout les simples obstacles du bon sens, qui peuvent servir de leçons didactiques. La réflexion de Norbert Elias contraint à abandonner ce simplisme.

Dans le plus ancien texte présenté (il date de 1970), Elias combattait déjà sur deux fronts. D'une part « l'absolutisme philosophique » en ce que cette conception qui fait l'hypothèse d'un « état final » considère « les réponses à des problèmes isolés comme des solutions absolument définitives » en oubliant « l'interdépendance » fondamentale des problèmes. D'autre part les « sociologues relativistes » qui par nihilisme refusent « la possibilité d'un progrès cognitif », et élaborent des « modèles théorétiques apparemment généraux sur le seul fondement de preuves fournies par ce type particulier de savoir, c'est-à-dire par les mythes centrés sur le sujet, ou les idéologies » (p. 225). Or *mutatis mutandis*, c'est à un débat du même type que se livrent les nombreux auteurs qui interviennent dans *Épistémologie et didactique*. En ce qu'ils opposent une situation précise d'élèves à un état d'une théorie, considéré comme final non seulement par la présentation actuelle des connaissances, mais parce qu'une épistémologie précise s'en est emparée. Que ce soit celle liée à ce qu'est un idéal en algèbre (Julie Jovignot), ou à la notion de nombre réel telle qu'enseignée en première année universitaire (Viviane Durand-Guerrier, Martine Vergnac), voire à la structure devenue classique d'algèbre linéaire (Jean-Luc Dorier) ou encore à celle de force telle qu'elle résulte de la dynamique classique (Valentin Maron) et à la question schizophrénique de la dérivation selon un procédé limite ou selon un quotient de deux différentielles (Michel Rolland), et je ne mentionne malheureusement pas tous les auteurs. Dans presque tous ces cas, avec minutie, le progrès est bien dit, mais en comparant une situation scientifique dite définitive, et *grosso modo* axiomatique, et une situation antérieure assez datée, lorsque la théorie était encore en devenir, sans pouvoir se fixer. Pour le dire en images, on donne donc deux photographies, l'une en résolution excellente, l'autre non seulement floue, mais criblée de trous. Cela donne d'excellents cas d'école pour discuter, et l'ouvrage s'avère donc riche ; mais c'est aussi

à plus d'un titre une façon de caricaturer l'histoire épistémologique. Et cela se voit assez bien à partir de la littérature citée dans les différents articles : souvent référence est donnée à un auteur original (Newton par exemple, mais sans dire dans quelle langue on en prend un court extrait) et il n'y aura pas vraiment référence à un commentaire savant : seule compte la prise de position d'un épistémologue qui réfléchit pour ses propres besoins théoriques. Peut-être est-il nécessaire de dire autrement : on assiste, et c'est heureux, à une juxtaposition de disciplines, mais pas nécessairement encore à une modification éventuelle des assertions de l'une par l'autre. C'est justement là où la lecture de Norbert Elias donne à réfléchir sur la variabilité des problèmes, en plus de leur complexité.

L'ouvrage de Jacques Sesiano donne en moins de 400 pages un texte en langue provençale originaire de Pamiers portant sur « l'algorisme », la moitié des pages étant pour la présentation et la traduction. L'érudition est bien là ; la rigueur de la philologie et l'exigence mathématique indispensable dans les notes accompagnent une excellente présentation typographique. Est aussi très bien signalé un apport de ce manuscrit d'environ 1430 qu'est la prise en compte de nombres négatifs dans la résolution d'un système linéaire. La question reste de savoir quelle importance l'auteur ancien donna-t-il à cette présentation. L'histoire ici est malheureusement assez courte, et la référence est surtout à Jacques Sesiano lui-même. On pouvait certainement espérer une plus grande diversité. De même, on pouvait espérer une sorte d'histoire de tels manuels d'arithmétique, puisque le manuscrit est dit le dernier « texte majeur en langue d'oc resté inédit » (4e de couverture) : 50 pages de plus n'auraient sans doute pas effrayé les Presses polytechniques et universitaires romandes. Du coup, on reste assez dubitatif devant une sorte de lieu commun sur ce genre d'ouvrages, et je cite directement : « De tout ceci ressort que notre auteur voulait bien enseigner les marchands, ou, *nolens volens*, le devait, mais que son désir profond était d'exposer des sujets que goûterait un lecteur plus porté vers la spéculation » (p. 4). Ne serait-il pas utile, en l'occurrence, de s'interroger aujourd'hui aussi sur la didactique même de l'algorisme, et penser que l'efficacité ressentie par l'auteur, au-delà même de son « goût », devait justement passer par de la théorie ? La transposition didactique, un acquis des didacticiens des mathématiques dont il est question dans le premier ouvrage listé, serait-elle seulement un impossible choix à la façon d'Hercule entre le vice et la vertu, selon le célèbre tableau du Carrache ? La difficulté, quand même, est que la vertu n'est pas nécessairement un faible niveau théorique, et le vice le plaisir de théoriser. Ces arithmétiques marchandes se situent dans un contexte social, économique et culturel, et sont en rivalité avec des connaissances qui passent aussi la Méditerranée : un auteur n'est pas le seul détenteur du savoir.

Cela, l'auteur du deuxième ouvrage discuté le sait bien qui décide, non sans emphase souvent lyrique, de décrire comment au fil des années il a peiné à percevoir l'intérêt du théorème de Bayes. Rappelons que ce qu'on appelle le plus simplement le bayesisme consiste à passer des évènements aux causes, et que pour cela la théorie des probabilités axiomatisée depuis plus de 80 années dispose d'une formule précise, sorte de moyen de travailler avec une probabilité inverse. C'est le titre même d'un ouvrage de Laplace de 1774, mais comme l'ouvrage considéré ici ne donne pas de référence suffisamment précise, il devient utile de le faire : le texte de Laplace parut dans les *Mémoires de mathématiques et de physique, présentés... par divers sçavans étrangers*, au volume 6, pp. 621-656, et il peut se consulter dans les *Œuvres complètes* de Laplace, vol. 8, pp. 27-65. Il est certes indiqué qu'on peut le trouver aisément sur le Net, mais le calcul est ici dit « trop difficile » pour le niveau voulu du livre. L'auteur veut sans doute signifier une difficulté à cette étape du livre, mais non pour le livre entier. Car on trouvera des formules bien plus compliquées au cours de ce texte. Au moins le lecteur pourrait souhaiter une annexe explicative. Elle ne viendra pas. Bref, l'auteur ne veut pas déterminer un niveau minimal de savoir de son lecteur. Il joue même le trop-plein des informations possibles en listant un nombre impressionnant de sites, au même titre que des manuels. Trop souvent il est impossible de comprendre... si l'on ne sait pas déjà. On pourrait alors convenir que Lê Nguyên Hoang réalise une étude didactique de son propre savoir en la matière de la formule de Bayes. Et cela rendrait le livre particulièrement intéressant à suivre à titre expérimental, tout en le reliant directement aux autres livres ici recensés. Mais le risque réel est un désaveu compte tenu d'un nombre invraisemblable d'emplois bizarres de mots, et à l'absence d'une relecture soigneuse du texte. Le mot « crédence » ici ne désigne pas un meuble, mais peut-être « croyance », ou simplement « opinion » ; l'adverbe « infiniment » employé pour des dérivées peut vouloir simplement dire la fonction dérivable à tous les ordres, mais ce sont les « termes » qui sont dits grammaticalement supérieurs, et non les ordres de dérivation. Il est bien écrit (p. 313) que l'argument est « subtile », au point qu'il ne faille pas s'étendre à ce sujet.

Je me dois de donner une conclusion dans la mesure où un titre général a été adopté pour la recension des quatre ouvrages : constitution des connaissances scientifiques et didactique. Et ce qui s'impose évidemment est le constat qu'il n'y a pas de science sans diffusion, transmission, et donc sans enseignement. Une des affirmations les plus fortes de la sociologie des sciences de Ludwik Fleck est qu'il ne saurait exister de découverte isolée. Cela ne signifie pas que la didactique soit au cœur de toute science, car la pratique diffère non seulement d'une classe d'école au séminaire de laboratoire, et même à une université d'été.

Et *cum grano salis* on peut ajouter qu'il faudrait préciser les conditions de diffusion des travaux de didactique eux-mêmes. L'essentiel est, et c'est là l'avantage d'avoir rassemblé de façon critique quatre ouvrages, que les études des formes didactiques, qui sont un lieu particulièrement propice à la rencontre des études épistémologiques, sociologiques et scientifiques dans ses différentes acceptions, ne présentent de l'intérêt que dans la mesure où aucune discipline ne se sert d'une autre comme d'un dogme. Toute théorie a sa phase de constitution, mais aussi sa phase d'appropriation qui la modifie et ne la rend donc pas *sub specie æternitatis*. Car tel est le grand défi de toute histoire des sciences que de devoir rendre compte d'un passé pour entretenir la vie actuelle de la recherche, sans pour autant négliger la façon dont ce passé est plus ou moins présent par le biais de diverses couches didactiques.

Comptes rendus

Archives scientifiques

Penser / classer les collections des sociétés savantes : actes des journées d'étude organisées par la Société des arts de Genève : Palais de l'Athenée, 24 et 25 novembre 2016 / sous la direction de Sylvain Wenger ; avec la contribution de Jérôme Baudry, Vincent Chenal, Françoise Dubosson et Dominique Zumkeller. – Genève : Éditions Slatkine, 2018. – 232 p. – (Études historiques ; 3). – 1 vol. broché de 15,5 x 23,5 cm. – 35 CHF. – isbn 978-2-05-102825-7.

Les treize communications présentées *in extenso* au sein de ce volume relatent la grande partie des échanges tenus lors des journées d'étude organisées par la Société des arts de Genève en novembre 2016. La Société a réuni un panel de spécialistes afin de s'interroger, au sein d'ateliers thématiques, sur la constitution et les usages des collections des sociétés savantes actives en Europe de la seconde moitié du XVIIIe siècle au premier quart du XXe siècle. Le débat a permis de partager leur expérience de terrain, mais aussi de discuter des difficultés rencontrées, se traduisant en autant de défis pour garantir aux collections une conservation pérenne ainsi qu'une valorisation de qualité.

Derrière ces « sociétés » prenant leur essor au cours du XIXe siècle, c'est en réalité un mouvement de rassemblement, de structuration, de classification, la volonté d'établir un état des connaissances, une curiosité couvrant tous les champs des savoirs que livrent ces contributions. Qu'il s'agisse d'histoire naturelle (Clerc, Wiederkehr, Grenon), de médecine (Herr-Laporte), de sciences (Baumgartner, Grenon, Wiederkehr), d'industrie (Blouin et Emptoz), d'économie (Baldi, Stuber), de questions d'histoire (Chanal, Nosova), d'émulation et d'utilité publique (Demeulenaere-Douyère, Donini, Fischer, Polidoro, Vuilleumier, Batschmann, Hertz) ou encore de collections personnelles (Charmasson, Gayet-Kerguiduff), ces « sociétés savantes », depuis le XVIIIIe siècle et sous des formes plurielles, veulent tout autant documenter que servir. Dans un premier temps, donner à voir ce qui est connu. Par la suite, épouser la diffusion de cet esprit des Lumières, cette volonté « européenne » d'éduquer, de former, d'édifier. Il faut alors rassembler pour pouvoir modifier esprit et pratique, mais également se rassembler afin de réfléchir et d'échanger, pour susciter l'innovation et la soutenir, afin de développer la société, et finalement, le faire savoir par la publication des discussions, créant par la même une nouvelle collection.

C'est ainsi que, peu à peu, la société se développe, son action s'étend, ses centres d'intérêt se réorientent avec, à terme, la constitution de ses propres archives (statuts, règlement, correspondance, papiers d'érudits, photographies...) et des « collections » issues de son activité propre. Les fonds peuvent comprendre tout aussi bien du patrimoine immobilier que des ouvrages et des revues, des objets (p. ex. des instruments de mathématique, d'astronomie, des minéraux, des animaux empaillés et des collections entomologiques, des herbiers, des objets divers recueillis lors de fouilles...), des modèles, mais aussi des autographes, des pièces d'antiquité, des artefacts en toute langue, sur tout support et de toute provenance.

Conçues non comme un ensemble de curiosités, mais bien comme une « source » pour des recherches et un « laboratoire » pour les étudiants (Nosova, p. 164), ces sociétés connaissent une évolution parallèle à celle de l'ensemble de la société, avec en point d'orgue une mission d'utilité publique, d'édification sociale ou patriotique (Vuilleumier, p. 191), de développement des connaissances, reflétant par-là l'élargissement à l'espace social des questions de sciences, de médecine (p. 146), d'économie ou de « politique » (p. 101). Les débats ne restent plus confinés et se donnent à lire, les savants font état de leurs questions et des expérimentateurs leur répondent, les études connaissent de plus en plus souvent un volet « pratique » avec la volonté d'ouvrir à tous l'espace de connaissance (p. 27, p. 183).

Cette activité soutenue se décline de manière plus ou moins uniforme au tournant des XIX[e] et XX[e] siècles. « L'alliance entre ferment scientifique et transmission du savoir va subir un renversement au profit de la vulgarisation [...] : il n'est plus question dans le texte de lectures ou de discussions concernant les travaux des membres, qui sont remplacés par des conférences et des communications ouvertes gratuitement au public » (cf. Chanal, p. 37). De plus, leur mission de description, de classification, de nommage est relayée et transmise à des institutions (p. 69, p. 72, p. 199). La question du renouvellement des membres des sociétés (évoquée notamment par Demeulenaere-Douyère, p. 90 et Vuillemier, p. 194) se pose, elle aussi, avec acuité après la Première guerre, en lien direct avec l'affaiblissement de leur impact social et en écho à des questions très prosaïques de frais de fonctionnement (p. 196), de manque de gestion interne, de problèmes de locaux (problème assez général comme en témoignent Donini, p. 109, Chantal, p. 38 et Vuillemier, p. 193), de manque de personnel qualifié ou de politique locale (p. ex., celui relaté par Wiederkehr, p. 207).

Le patrimoine de ces « sociétés » s'avère donc très divers, mais toujours riche et intéressant (témoignant du développement et de la diffusion d'un savoir, de sa structuration et de l'évolution des classifications, du rôle des institutions, de disparités régionales ; révélateurs d'acteurs privés et comportant des éléments participants de réseaux) : il est donc à préserver.

Mais pour y arriver, il faut changer d'échelle et envisager les « archives » de ces sociétés en termes de gestion du patrimoine des « institutions culturelles » (à ce propos, lire l'avant-propos de Wenger). C'est ce niveau qui peut permettre une véritable valorisation collaborative et l'élaboration de projets subsidiés de mise en valeur en lien avec divers partenaires, dont les universités (p. 197), les centres de recherche, les instances « muséales » et les « éditeurs ».

La numérisation apporte une grande aide, mais elle-même nécessite financement et personnel qualifié (Clerc, p. 83), espace de conservation, portail Web et gestion de ce dernier. Elle ne se suffit donc pas et cette recherche d'une nouvelle visibilité (Vuillemier, p. 197) doit être organisée et ne peut faire l'impasse d'une gestion des fonds (Chanal, pp. 42-43), d'une stabilité géographique et d'une coordination des mesures conservatoires (Demeulenaere-Douyère, p. 98) afin d'éviter l'écueil des dispersions (Charmasson) ou des fonds parfois peu, voire pas utilisables suite à la destruction de documents de base (cf. Bloin et Emptoz).

Des initiatives existent et partagent cette vision, qu'il s'agisse de musées (à ce propos, lire la contribution de Ficher) montrant moins, mais mieux (p. 117) avec une scénarisation redonnant vie aux objets ; d'inventaires en ligne (comme le présente Herr-Laporte avec la série des *Bulletins* de l'Académie de médecine, p. 154) ; de métacatalogage national pour une base de données interconnectée (cf. le projet de la bibliothèque de l'Académie Lancisiana, p. 187) ; de la réalisation d'enquêtes menées en vue d'établir un état des fonds constituant un outil pour les chercheurs (cf. Demeulenaere-Douyère, p. 95), du partenariat pour une mise sur le Web (p. 96), de l'incorporation au sein d'une collection internationale ou de projets de médiation, toujours plus diversifiés, afin de défendre la place de ces collections au sein du patrimoine de la recherche (cf. Clerc, pp. 79-80) et leur conservation éveillée et raisonnée (cf. Wiederkehr, pp. 209-211) au sein de notre patrimoine historique et culturel. Le public est alors au rendez-vous, qu'il s'agisse de celui de ces activités parfois décalées, de celui des écoles ou des chercheurs. Ces « sociétés » témoignent alors, pour nombre d'entre elles du moins, d'une seconde vie bien active.

L'intérêt de ce volume est indéniable pour les acteurs du monde patrimonial. Partageant les mêmes préoccupations, ils sont confrontés aux mêmes problèmes et doivent relever des défis similaires. Au sein de ces pages, ils pourront trouver des partages d'expériences que cela soit en termes de modes de conservation ou de pistes de valorisation, la collaboration et le partenariat entre entités ou au sein même de l'institution demeurant un axe privilégié de réponse. Les textes s'avèrent très fouillés et extrêmement précis quant au déroulé historique du parcours des « sociétés » étudiées ; parfois, ils le sont presque trop pour le lecteur plus intéressé par la problématique et la convergence des intérêts. Pour ce dernier, une conclusion « politique », même si l'avant-propos y participe, eut sans doute été utile. Il s'agit donc d'un volume rassemblant un bel ensemble de contributions apportant nombre d'informations pointues et de détails pour l'historien des sciences, mais également pour celui de la didactique et des pratiques sociales tout autant que pour les partenaires engagés dans la sauvegarde et la valorisation des patrimoines scientifiques et culturels.

Véronique Fillieux
Université catholique de Louvain

Histoire des sciences

Bruno (Giordano), *The ash wednesday supper* / A new translation of « La cena de le ceneri » with the Italian text annotated and introduced by Hilary Gatti. – Toronto ; Buffa-

lo ; London : University of Toronto Press, 2018. – lxiv, 302 p. – (The Lorenzo Da Ponte italian library). – 1 vol. relié de 16,5 × 23,4 cm. – $85,00. – isbn 978-1-4875-0144-0.

Madame Hilary Gatti, qui fit ses études à l'université britannique de Reading, a fait sa carrière universitaire en Italie (à l'Université de Milan, puis à Rome à « La Sapienza ») où elle enseigna la langue et la littérature anglaises. C'est en tant que spécialiste de la Renaissance qu'elle vient de publier une nouvelle traduction anglaise d'un ouvrage fondamental du philosophe italien Giordano Bruno (1548-1600) intitulé *La Cena de le Ceneri*. Ce dernier était paru en italien à Londres en 1584. C'était le premier volume d'une trilogie que le célèbre spécialiste italien de Bruno, Giovanni Gentile, regroupait au début du XXe siècle sous le titre de « dialogues métaphysiques », tout en reconnaissant que les considérations cosmologiques y occupaient une place de premier ordre. Au fil des cinq dialogues de *La Cena de le Ceneri*, Bruno présentait pour la première fois un aperçu de sa métaphysique ainsi que les attendus d'une vive discussion ayant eu lieu à Londres en février 1584 au sujet du système du monde héliocentrique de Copernic dont la parution remontait à 1543, quoiqu'il fût encore assez peu connu en Angleterre durant les deux dernières décennies du XVIe siècle. Or, Bruno s'efforçait de montrer que sa propre cosmologie dépassait le cadre finitiste de l'héliocentrisme copernicien. En effet, Bruno concevait un univers infini, c'est-à-dire dont la grandeur illimitée contient une pluralité infinie de mondes finis. Bruno considérait ainsi que chaque étoile est un soleil semblable au nôtre, et donc entouré de planètes, ce qui multipliait à l'infini, en quelque sorte, le système copernicien. Du coup, disparaissait la sphère des étoiles fixes à laquelle Copernic était encore resté attaché, bien qu'il l'eût immobilisée. Ainsi, Bruno substituait au ciel stellifère un espace cosmique illimité.

La présente traduction anglaise de *La Cena de le Ceneri* succède à celles de Stanley L. Jaki (1975) et de Gosselin & Lerner (1977/1995). Elle fournit une édition très complète puisqu'elle comprend, d'une part, une utile introduction de 54 pages de Mme Gatti sur laquelle nous allons revenir plus bas et, de l'autre, le texte italien de Bruno ainsi que sa traduction anglaise intégrale. Précisons qu'elle inclut aussi (à titre d'appendice) une autre version partielle (non négligeable) du IIe dialogue de *La Cena* (version également imprimée à l'époque, appelée folio « Dt ») découverte au milieu du XXe siècle et qui rend possible une comparaison avec la version définitive dite « vulgate » (appelée folio « Dv ») de ce même dialogue qui figure parmi les cinq dialogues de la traduction. La question de savoir laquelle d'entre ces deux versions est antérieure à l'autre et quelle est celle que Bruno considérait comme « définitive » est clairement débattue dans l'importante « *note on the text* » (pp. LVII-LXI). Qu'il s'agisse de cette longue note, de l'introduction ou bien des annotations sur le texte, Mme Gatti fait aussi état de recherches récentes sur la vie et l'œuvre de Bruno.

Dans le titre italien, le terme de « *la Cena* » repris par « *the Supper* » rend correctement une des acceptions de ce terme qui est d'ailleurs encore actuelle, mais il ne renvoie pas suffisamment au « symposion » ou au « convivium », c'est-à-dire au « banquet » au sens platonicien si apprécié à la Renaissance depuis que Marsile Ficin en a donné une traduction latine ainsi qu'un illustre commentaire. Certes, sans souscrire à la philosophie de Platon, Bruno a eu recours à une forme littéraire dialoguée, mais il s'y dégage manifestement une très forte animosité entre les convives et surtout à l'encontre de Bruno qui s'en est plaint à maintes reprises. Tout cela est rappelé dans l'introduction (pp. XXII-XXV). Celle-ci se di-

vise en quatre parties bien distinctes. La première intitulée « *The Occasion* » situe la *Cena* en commençant par rappeler très brièvement la vie tourmentée de Bruno, puis elle précise les circonstances qui ont conduit Bruno à présenter et à défendre sa nouvelle philosophie au cours de ce souper qui eut lieu le mercredi des cendres, le 14 février 1584, à la suite de l'invitation lancée par Fulke Greville à la cour de Whitehall en présence d'universitaires aristotéliciens d'Oxford. La deuxième partie, qui porte sur le « cadre narratif », analyse d'une part ce que Bruno emprunte ou rejette dans la forme du *symposium* platonicien et d'autre part certaines connotations propres aux « cendres » au sein du christianisme. La troisième partie est consacrée aux spéculations cosmologiques de Bruno sur l'infinité de l'univers et des mondes. En pénétrant davantage dans le contenu des problèmes que soulève cette question, Mme Gatti fait d'utiles incursions dans l'histoire de l'astronomie et de l'optique, mais, en voulant faire un raccourci saisissant à propos de la cosmologie de Bruno, il lui arrive de parler d'un « impetus interne thermodynamique » (p. XXXIII), ce qui est un anachronisme à éviter. Enfin, la quatrième et dernière partie revient de façon particulièrement approfondie sur « les mouvements de la Terre » chez Bruno (lecteur et critique de Copernic), ce qui est une question difficile parce que le texte du philosophe italien est parfois obscur et trop allusif. Mme Gatti présente, entre autres, les découvertes de Pietro Omodeo sur les quatre mouvements de la Terre qui figurent dans *La Cena*, mais elle ne suit pas totalement son interprétation et propose aussi des hypothèses intéressantes en se référant aux développements du *De immenso* que Bruno publia en 1591. Comme on peut le constater, voilà une nouvelle publication de Mme Hilary Gatti qui constitue à la fois une excellente introduction à la cosmologie et à la philosophie de Giordano Bruno, mais aussi une nouvelle approche qui intéressera les spécialistes du philosophe de Nola.

En dernier lieu, si l'on regarde de très près cette traduction, on constate qu'elle est toujours élégante, concise et agréable à lire, mais qu'elle est davantage littéraire que littérale. Cela est dû au fait que l'italien de Bruno est parfois un peu abrupt et que le souci de rendre les moindres nuances alourdirait considérablement la traduction. Ce souci de lisibilité n'interdit pas de se reporter à l'original italien afin de comprendre les choix de la traductrice qui est elle-même totalement bilingue et spécialiste de Bruno. Cette édition de la *Cena* mérite donc assurément d'être recommandée pour sa qualité.

Jean Seidengart
Université Paris Ouest-Nanterre

Blay (Michel), *Relire « Des révolutions des orbes célestes » de Nicolas Copernic*. – Paris ; Pékin ; Philadelphie : Nuvis éditions, 2017. – 150 p. – (Adverso fulmine). – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-36367-083-0.

Cet ouvrage risque de prêter à confusion, voire à déception, si on n'est pas instruit du véritable objectif, nullement transparent, de son auteur. À lire son titre, on pourrait raisonnablement croire que son ambition consiste à nous permettre de « relire » la partie la plus lisible du *De revolutionibus* de Copernic. Vont dans ce sens le fait que le texte initial de Michel Blay est présenté comme une « présentation » et que le texte de Copernic, désormais présenté, occupe rien de moins que les deux tiers du volume. Mais si tel avait été l'objectif véritable de l'auteur, nous ne doutons pas qu'il aurait eu soin de nous four-

nir, de cet extrait de l'œuvre copernicienne, un texte latin et une traduction qui soient de meilleure qualité que ce qu'il nous offre, à savoir la reprise de la version initiale produite par Alexandre Koyré. Rappelons en effet que c'est en 1934 que le célèbre historien de la pensée scientifique publiait chez Alcan ce qui allait rester, durant plus de quatre-vingts ans, la seule traduction française digne de ce nom des pièces liminaires et des onze premiers chapitres du livre I du *De revolutionibus*. Enrichi d'une introduction et de commentaires, son livre proposait, en vis-à-vis, le texte original, donné d'après le manuscrit de l'œuvre (Thorn, 1873), ainsi que sa traduction française. En 1970, la Librairie Albert Blanchard mettait sur le marché un nouveau tirage anastatique de ce travail, en le complétant heureusement par une liste d'errata établie par Edward Rosen et comportant pas moins de 124 entrées. En 1998, l'éditeur Diderot rééditait l'ensemble du travail koyréen, mais sans fournir le texte latin et sans ni donner ni intégrer les corrections d'Ed. Rosen. Si, aujourd'hui, Michel Blay fournit (l'un derrière l'autre et non en vis-à-vis) le texte original et sa traduction par Koyré, les corrections d'Ed. Rosen ne sont toujours pas renseignées ni prises en compte : le lecteur qui voudra disposer d'un texte original fiable sera donc obligé d'intégrer lui-même, à partir de l'édition de 1970, les 94 corrections relatives au texte copernicien. À cette première raison qui nous convainc déjà que nous devons faire fausse route vient s'en ajouter une seconde : si l'objectif véritable de ce livre était bel et bien de mettre à la disposition des lecteurs néophytes les parties les plus célèbres du *De revolutionibus*, Michel Blay — profitant de la parution, en 2016 aux « Belles Lettres », d'une édition et d'une traduction française intégrales du texte de *De revolutionibus* lui-même (et non de son manuscrit) — aurait certainement délaissé cet ancien travail koyréen au profit de cette récente édition qui, par sa qualité, est appelée à faire désormais autorité.

Une deuxième hypothèse nous vient alors à l'esprit : si Michel Blay continue à recourir à l'édition de Koyré désormais inévitablement supplantée par celle des « Belles-Lettres » n'est-ce pas parce qu'il a voulu conserver la mémoire de ce travail koyréen, certes aujourd'hui dépassé, mais qui, quatre-vingts ans durant, a exercé une influence considérable, comme en atteste, par exemple, ses traductions en espagnol (Eudéba, 1965) et en italien (Torino, 1975) ? Voilà qui serait assurément parfaitement légitime, mais dans ce cas, Michel Blay n'aurait pas manqué de rééditer ce travail dans son intégralité (avec l'introduction et les notes du célèbre historien) et de lui adjoindre une préface destinée à le contextualiser. Comme ce n'est pas le cas, tel ne doit pas être non plus l'objectif qu'il s'est fixé.

En réalité, loin d'être centré sur le texte de Copernic, loin de proposer une nouvelle édition du travail de Koyré, cet ouvrage — nous le comprenons enfin ! — trouve sa raison d'être dans le texte liminaire de Michel Blay et vise, par ce texte, à mettre à la disposition d'un plus large public la thèse que cet auteur a déjà énoncée dans ses précédents ouvrages (*Dieu, la nature et l'homme*, Armand Colin, 2013, et *Critique de l'histoire des sciences*, CNRS éditions, 2017). Aussi, les cent pages occupées par le texte et la traduction du *De revolutionibus* n'ont-elles plus que le statut d'annexe à ce que nous avons compris être l'essentiel.

Synthétisons donc cette thèse, mais sans la commenter (nous le ferons dans la *Revue d'histoire ecclésiastique*). Alors que le cosmos est appréhendé, dans le monde aristotélico-médiéval, par deux approches souvent antagonistes, celle de la philosophe naturelle

soucieuse de dire la vérité et la beauté du monde et celle de l'astronomie désireuse de « sauver les phénomènes », des savants antérieurs à Copernic (à savoir Peurbach et Albert de Brudzewo) tentent de concilier ces deux points de vue, malgré un géocentrisme persistant qui, par sa dichotomie entre monde sublunaire et monde supralunaire, maintient une séparation ontologique entre le sensible, associé au monde terrestre, et l'intelligible, identifié avec le monde céleste. Ce désir de conciliation, d'obédience néoplatonicienne, ne suffit pourtant pas à rendre compte du geste par lequel l'astronome polonais fait voler en éclat cette antique dichotomie en plaçant la Terre dans le ciel. Aussi faut-il, pour comprendre le geste copernicien, recourir à une seconde influence : celle de la pensée chrétienne qui, non seulement, est particulièrement attentive à l'approche de la philosophie naturelle et à l'intelligible, puisque c'est, pour elle, une voie vers la reconnaissance d'un Dieu créateur, mais qui, en outre, est habituée à penser l'unité des contraires dans la mesure où c'est précisément ce qu'est venu opérer le Christ par son incarnation. Or que fait Copernic ? En considérant notre Terre comme parfaitement sphérique — ce qu'elle n'est évidemment pas ! —, il la soustrait à l'ordre du sensible pour l'associer à l'ordre intelligible du monde céleste, ce qui, d'ailleurs, le conduit à lui accorder un mouvement parfaitement circulaire de révolution. S'il peut ainsi allègrement réaliser ce qui était totalement impensable pour un penseur de l'Antiquité, à savoir mettre à bas l'opposition foncière entre mondes sensible et intelligible, c'est précisément parce que cette opposition avait déjà été ébranlée par l'incarnation du Christ. C'est toutefois avec la mécanisation et la mathématisation du monde opérée par Galilée, qui reviennent à traiter les cieux comme la Terre après que la Terre ait été rendue aux cieux, que s'instaure véritablement la vision du monde qui est encore la nôtre. À la question que porte en manchette ce livre, à savoir « Une révolution ou… un simple tournant ? », on comprend dès lors que Michel Blay opte résolument pour la première possibilité, étant bien entendu que ladite révolution a été opérée par Galilée et non par Copernic.

Jean-François Stoffel
Haute école Louvain-en-Hainaut

Mottana (Annibale), *Galileo e « la bilancetta » : un momento fondamentale nella storia dell'idrostatica e del peso specifico*. – Firenze : Leo S. Olschki editore, 2017. – xvi, 207 p. – (Biblioteca di « Galilæana » ; 7). – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 28,00 €. – isbn 978-88-222-6510-4.

Le bref traité de *La balance hydrostatique* fut écrit en 1586 quand Galilée n'avait pas encore 23 ans. Vincenzo Viviani, dans sa *Vita di Galileo*, raconte qu'après avoir suivi des cours de médecine, Galilée se tourna vers les mathématiques, guidé par Ostilio de Ricci, luimême élève de Tartaglia. D'emblée, il fut séduit par les œuvres des mathématiciens grecs, en particulier par celle d'Archimède dont il médita les calculs sur *Les corps flottants* et *Les corps de même poids*. Pour mémoire, il suffit de transcrire les premiers mots de *La Bilancetta* : « On apprend couramment, quand on lit avec soin les livres des Anciens, qu'Archimède a décelé le vol commis par le joaillier, dans la couronne d'or de Hiéron »[1].

1. Traduction française de É. Namer (1964), Le traité de « La balance hydrostatique » de Galilée, *Revue d'histoire des sciences*, 17(4), 397-403 ; ici, p. 402.

Annibale Mottana pense que ce texte est fort important. En effet : (a) il s'agit du premier écrit de Galilée composé en italien ; (b) les données pourvues par l'expérimentation y occupent une place de choix ; (c) le traité s'inscrit — avec une visée et des méthodes fort originales — dans la tradition des études portant sur l'hydrostatique.

Mottana, dont le champ de travail est la minéralogie, montre que le sens du tableau des résultats de Galilée devient transparent si l'on introduit le « poids spécifique », c'est-à-dire la raison du poids dans l'air et de la différence du poids dans l'air et du poids dans l'eau d'un même échantillon. Galilée, quant à lui, s'en tint à deux données, le poids dans l'air et le poids dans l'eau, qu'il mesura à partir des calculs géométriques effectués sur la balance elle-même[2]. Ces résultats sont d'une étonnante précision. Ainsi, pour le diamant, des calculs obtenus en 1586, on déduit un poids spécifique de 3,55 et aujourd'hui la valeur en cours, pour ainsi dire, est 3,515.

Mottana étudie, lucidement, le concept de poids spécifique chez les Grecs, les Latins et les Arabes. De même il décrit, avec minutie, la nouvelle approche des idées d'Archimède qui fait son apparition chez certains auteurs de la fin du moyen âge chrétien et de la Renaissance. La contribution à l'hydrostatique des disciples de Galilée est mise au jour. À ce propos, il remarque que Torricelli suivit son propre chemin : prouver l'existence du vide. Ce qui n'est pas rien. Le dernier chapitre du livre présente l'interprétation du problème de Hiéron par le mathématicien Chris Rorres en 2004. Rorres signale que la forme de la couronne était fort compliquée. On ne pouvait en aucun cas suivre, littéralement, la méthode exposée par Vitruve dans le *De Architectura* — à savoir celle d'Archimède — pour calculer les proportions d'or et d'argent qui composaient l´alliage. Rorres ajoute qu'il fallut attendre la balance à deux plateaux utilisée par Giambattista della Porta au Cinquecento pour y réussir. Ni plus ni moins. Mottana fait état « d'un intéressant commentaire d'un japonais anonyme » qui soutient Rorres et que l'on peut lire sur la Web. Donc, peut-être, « l'Eureka » du mathématicien grec n'est que la légende d'une légende.

Revenons, pour conclure cette recension, au texte du jeune Galilée. Envisageons tout d'abord un aspect technique : (a) pour construire la balance, il propose une règle rigide dont le milieu reposera sur un couteau vertical. Comment calculer le rapport des segments compris entre les repères des métaux simples et les repères des alliages ? Pour marquer les limites des métaux simples, il enroule un fil d'acier très mince et, dans les intervalles qui séparent ces points, il enroule un fil de cuivre très mince aussi, les segments sont ainsi divisés en parties égales. En ce qui concerne les autres intervalles, il fait de même. (b) Mais comment « dénombrer les fils » ? Avec « un petit stylet très pointu qui passe aussi lentement que possible d'une spire à l'autre. Grâce à la fois à l'ouïe qui perçoit un son, et au toucher qui rencontre un obstacle à chaque spire, les fils seront comptés sans erreur » (p. ***). (c) Reprenons la lecture, en italien, de la phrase « ...petit stylet qui passe aussi lentement que possible ». La voici : « *... stiletto acutissimo, col quale si vada adagio adagio discorrendo...* »[3]. Remarquons cet « *adagio* » qui revient par deux fois sous sa plume juste avant le participe

2. Le tableau comparatif des poids des métaux et des pierres précieuses fut publié, pour la première fois, en 1879, et il se trouve dans le premier volume de l'Édition nationale dirigée par Antonio Favaro.
3. G. Galilei (2008), *Opere. Vol. 1* (a cura di F. Brunetti). Milano : Mondadori Editore, p. 57.

présent « *discorrendo* ». On dirait que les mots représentent le temps pris pour prendre la mesure. On perçoit tout de suite l'envergure de Galilée, l'écrivain.

Godofredo Iommi Amunátegui
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Avenas (Pierre), *La prodigieuse histoire du nom des éléments* / avec la collaboration de Minh-Thu Dinh-Audouin ; préface de Jacques Livage. – Les Ulis : EDP sciences, 2018. – 260 p. – 1 vol. broché de 14 × 21 cm. – 19,00 €. – isbn 978-2-7598-2307-2.

Les lecteurs du journal de la Société chimique de France, l'*Actualité chimique*, connaissent depuis longtemps la chronique de P. Avenas intitulée « clin d'œil étymologique » dans laquelle l'auteur se livre chaque mois à une analyse érudite et plaisante du nom d'un élément, d'un composé, d'une substance, dont l'origine réserve parfois bien des surprises.

Le présent ouvrage reprend une série d'articles publiés depuis 2012, agencés selon un plan qui met en valeur la prodigieuse histoire des éléments chimiques et de leurs fascinantes combinaisons. Sa sortie coïncide fort opportunément avec la proclamation par l'UNESCO de l'année 2019 comme année internationale du tableau périodique des éléments. Il y a en effet 150 ans que Mendeleïev a proposé, pour la première fois, son système de classification.

Le premier chapitre débute par une évocation des éléments des philosophes de l'Antiquité et des alchimistes avant d'introduire l'époque moderne dont le début est symbolisé par le *Traité élémentaire de chimie* de Lavoisier. Le deuxième chapitre traite des 7 métaux connus des Anciens, de leurs alliages, ainsi que d'éléments déjà bien caractérisés tels que le soufre. La lecture se poursuit par une plongée dans la mythologie et l'astronomie, avec un troisième chapitre intitulé « Dieux, mythes et légendes » qui propose un éblouissant voyage du ciel à l'enfer, des planètes aux mines de Bohême, en saluant au passage Hélène de Troie, les divinités scandinaves Vanadis et Thor, et même notre compatriote Tintin, félicitant le professeur Calys pour sa découverte d'un métal inconnu dans *L'Étoile mystérieuse*. Ce sont ensuite les villes, les pays et même les continents pourvoyeurs de noms qui sont analysés, avant qu'on ne pénètre dans le monde des goûts, des couleurs et des odeurs au chapitre suivant. Arrivé à ce stade, le lecteur n'en est encore qu'à la moitié des 250 pages de l'ouvrage. Il lui reste à découvrir avec délectation comment les explorateurs d'éléments ont baptisé leurs découvertes, combien la botanique et la zoologie ont été sources d'inspiration et d'écouter les produits du quotidien — porcelaine, eau de Javel, caoutchouc, matières plastiques… — nous raconter leur histoire.

On ne peut être qu'admiratif devant l'éblouissante érudition de l'auteur, qui non seulement jongle avec l'étymologie de chaque terme, bien entendu en latin et en grec, mais confronte aussi leurs appellations en français, espagnol, italien, anglais, allemand, et même en grec moderne, en espéranto ou en chinois[4] ! En outre, chaque entrée est assortie d'un

4. Pour faciliter la lecture des personnes moins familiarisées avec les langues anciennes, les mots écrits dans des alphabets spécifiques (y compris le grec) ont été translittérés selon les normes qui sont maintenant classiques.

commentaire éclairant sur la personnalité des découvreurs, le contexte historique, sans oublier de petites anecdotes révélatrices dont l'humour n'est pas absent.

À qui s'adresse le livre de Pierre Avenas ? Les chimistes se délecteront évidemment à sa lecture, mais ce serait une grave erreur de le réserver à des spécialistes. Tous les amoureux de la langue, de l'étymologie, de la mythologie, de l'histoire des découvertes, tous les curieux du sens des mots et de leur origine trouveront dans sa lecture un plaisir à chaque page.

Ce n'est pas un livre à dévorer en une soirée. Au contraire, comme le ferait un gourmet confronté à un buffet plantureux, il faut le savourer à petites doses, sous peine d'indigestion, tellement la matière est riche. Mais quel plaisir de revenir y puiser le savoir si généreusement prodigué par Pierre Avenas et son collaborateur Minh-Thu Dinh-Audouin. On en espère déjà une suite, car les chroniques de l'*Actualité chimique* ne se sont pas interrompues.

Bernard Mahieu
Université catholique de Louvain

Baudet (Jean C.), *Histoire de la biologie et de la médecine*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2018. – v, 361 p. – 1 vol. broché de 17 ×24 cm. – 29,00 €. – isbn 978-2-8073-1513-6.

L'histoire de la biologie et celle de la médecine sont fortement intriquées. C'est la pratique médicale qui a donné naissance à la biologie et ce sont les progrès de la biologie devenue une science qui ont permis les progrès remarquables que l'on connait actuellement en médecine.

Ce livre d'histoire présente l'intérêt majeur de décrire de manière claire et concise les étapes principales dans l'acquisition de connaissances sur le vivant ainsi que les réflexions et applications qu'elles ont entrainées. Il est aussi une excellente source pour identifier les personnes qui sont à l'origine des savoirs actuels.

L'auteur signale dans son introduction que, devant l'abondance des données, il a organisé son livre suivant six problèmes biologiques majeurs. Après une présentation des étapes qui ont mené à l'identification de la cellule comme base du vivant, il aborde la question de son organisation. Cette identification conduit naturellement à celle des microbes à l'origine de beaucoup de maladies. L'observation de la diversité du vivant mène à la question de son évolution. Celle des modes d'alimentation du vivant mènera à une connaissance de plus en plus fine de son métabolisme. L'observation de la reproduction des êtres vivants en des êtres semblables à eux-mêmes conduira au développement de la génétique. L'auteur terminera sa présentation en situant le vivant dans ses rapports avec l'écosystème que constitue la terre.

Jusqu'au XVIe siècle, on avait identifié beaucoup de plantes et animaux, mais il n'y avait pas jusqu'alors de questionnement scientifique : il ne suffit pas de donner un nom à ceux-ci, mais il faut en outre les observer avec l'aide de techniques comme la dissection et se débarrasser des mythes qui les entourent pour les étudier en eux-mêmes. Quatre moments

décisifs marquent ainsi le début d'une connaissance scientifique du monde végétal : l'invention de l'agriculture (au néolithique), l'apparition de l'idée d'étudier les plantes (avec Aristote), les étudier non plus comme des créatures de Dieu, mais pour elles-mêmes et ne plus se limiter au verbalisme, mais baser son discours sur du dessin précis et fidèle. Sur cette base, Rembert Dodoens et Otto Brunfelds (fin du XVIe siècle) sont considérés comme les « inventeurs » de la botanique moderne. Cesalpino (également à la fin du XVIe siècle) est le premier naturaliste qui envisage de classer les espèces vivantes selon un ordre méthodique ou « systématique ».

Dès ce XVIe siècle, il y a quelque chose dans le développement des sciences naturelles qui se heurte aux idées religieuses qui voyaient le vivant uniquement comme l'expression de la toute-puissance divine. L'*Histoire de l'âme* (1745) où La Maittrie, un penseur formé à la médecine, traite du problème des relations entre l'âme et le corps, domaine jusqu'ici réservé aux philosophes et aux théologiens, marque une étape importante dans l'histoire de la pensée. Il est significatif que son livre fût brûlé publiquement par arrêt du parlement français.

Le terme de biologie (qui remplacera celui de « sciences naturelles ») sera proposé en 1800 par un médecin allemand (Friedrich Burdach). Au cours de ce XIXe siècle, se développe la théorie cellulaire du vivant grâce, notamment, aux débuts de la microscopie. Avec la parution, en 1859, du livre de Darwin (*On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*) nait le débat entre évolutionnisme et créationnisme. La découverte des mutations (De Vries, 1886), celle des gènes portés et transmis par l'ADN, celle du code permettant leur traduction en protéines vont amorcer le développement de la génétique moléculaire avec toutes les applications botaniques, animales et humaines actuelles.

L'auteur termine en disant que nous savons maintenant pourquoi il y a la vie. Elle est expliquée par les propriétés quantiques des électrons, mais nous ne savons toujours pas pourquoi il y a des atomes et des électrons.

Une lecture passionnante qui nous situe au terme d'une acquisition de savoirs où l'étonnement, la curiosité et la réflexion jouent un rôle essentiel et qui débouche sur de nombreuses applications dans le domaine médical. Tel est cet ouvrage tout à fait abordable par un lecteur qui possède une connaissance de base de la biologie.

Pierre Devos
Université de Namur

Livio (Mario), *Fabuleuses erreurs de Darwin à Einstein* / traduit de l'anglais et préfacé par Jean Audouze. – Paris : CNRS éditions, 2017. – 339 p. – (Le Banquet scientifique). – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 23,00 €. – isbn 978-2-271-09401-8.

Mario Livio, l'auteur, a confié la traduction française à un ami, Jean Audouze.

Quittant son télescope spatial à Baltimore, l'astrophysicien Mario Livio transpose ses connaissances sur l'Univers à la compréhension de l'Humanité. L'auteur part de la considération selon laquelle « nul n'est parfait » ; « tout le monde commet des erreurs » (Pau-

lo Coelho). Même cinq des plus illustres scientifiques, tels Darwin, Kelvin, Pauling, Hoyle ou Einstein. En fait, « plus le résultat est important, plus grande est la probabilité de se tromper », écrit-il (p. 11).

Pour illustrer ses réflexions, il débute par l'exemple de Darwin. Celui-ci s'est trompé dans ses calculs de transmission des caractères génétiques. Cette erreur aurait pu anéantir toute la théorie darwinienne sur l'évolution de l'Humanité. Au contraire, elle a été fondatrice de la génétique moderne de Stephen Jay Gould. Celui-ci a remplacé l'image de l'échelle de Darwin (l'Homme descend du singe) par l'image du buisson (l'Homme est une branche issue du Singe).

Renforçant son concept à l'aide des quatre autres exemples, Mario Livio montre à quel point la perception des découvertes est élargie par l'étroite passerelle de l'erreur. Mais pour que l'erreur conduise à plus d'avancées, il faut trouver la faille. Comment ? L'auteur propose un chemin. Il faut d'abord rassembler les erreurs connues que recèlent l'histoire de l'Humanité. Ensuite, il faut les isoler pour en déterminer ce qui les caractérise. De la sorte, les erreurs passées vont vous apprendre comment en commettre de nouvelles (Alan John Percival Taylor).

Serge Theys
Haute école Louvain-en-Hainaut

Kragh (Helge S.), *Entropic creation : religious contexts of thermodynamics and cosmology*. – London ; New York : Routledge, 2016. – 272 p. – (Science, technology and culture, 1700-1945). – 1 vol. broché de 15,5 × 23,5 cm. – £37.99. – isbn 978-1-138-26183-9.

Le sujet de ce livre, paru en 2008 chez Ashgate Publishing et réédité aujourd'hui en livre de poche, est d'une grande originalité, car il s'agit d'analyser l'interaction de deux domaines que l'on a coutume de dissocier, à savoir la science et la religion. Or Helge Kragh analyse ici l'influence de la découverte des deux lois de la thermodynamique sur la vision de l'éternité, de la naissance et de la fin de l'univers.

Soulignons d'entrée de jeu les deux clefs de la réussite de son entreprise. D'une part, l'auteur n'exprime à aucun moment sa propre opinion, mais laisse parler ou paraphrase les auteurs qu'il analyse. D'autre part, son analyse se fonde sur un nombre impressionnant de textes, comme en témoigne la bibliographie qui occupe une petite trentaine de pages. Les auteurs qui y sont mentionnés sont aussi bien des scientifiques et des philosophes des sciences de premier rang que des écrivains moins connus.

Pour permettre au lecteur de comprendre le questionnement, rappelons rapidement les débuts de l'histoire de la thermodynamique. En 1865, Rudolph Clausius (1822-1888) introduit trois équations :

$$dQ = dU + AdW \qquad \int \frac{dQ}{T} \leq 0 \qquad dS = \frac{dQ}{T}$$

où Q est la quantité de chaleur, U est l'énergie, A est la quantité de chaleur équivalente à une unité de travail, W est le travail fourni, T est la température absolue et S est une nou-

velle grandeur qu'il nomme entropie. Deux lois très générales découlent de ces équations : la première — l'énergie de l'univers est constante — et la deuxième — l'entropie de l'univers tend vers un minimum — lois de la thermodynamique.

C'est à propos de ces deux lois que vont naître les différentes interprétations relatives à l'univers. La première, et l'une des plus courantes, apparaît immédiatement après la publication de Clausius. La *mort thermique* de l'univers est intimement liée à la conservation de l'énergie. Il était connu que l'énergie pouvait prendre différentes formes — calorifique, électrique, gravifique — et qu'elle pouvait passer d'un mode à un autre, mais qu'elle finissait toujours par se dissiper. Il devenait alors évident que l'univers tendait vers une mort thermique — l'énergie thermique des sources de chaleur telles que le Soleil s'étiolant jusqu'à se perdre dans l'immensité de l'univers — et cela tout en se conservant. L'idée de la mort de l'univers appela immédiatement celle de sa naissance et donc de sa création, mais il faudra attendre que la notion d'entropie soit reformulée par Boltzmann pour que s'impose le terme de *création entropique*, en référence à la nouvelle grandeur que Clausius venait d'introduire.

En 1860, Ludwig Boltzmann (1844-1906) modifie fondamentalement le débat en donnant une définition probabiliste de l'entropie à laquelle Planck donnera sa forme actuelle : $S = klnW$ où k est la constante de Boltzmann = $1{,}38 \times 10^{-23}$ joule/kelvin et W est le nombre d'états microscopiques possibles correspondant à un même état macroscopique. Comme un litre de gaz contient 3.10^{22} molécules toutes identiques, on imagine aisément le nombre de combinaisons correspondant à un seul état macroscopique. On constate alors qu'un système ordonné (donc de faible entropie) a tendance à aller vers des états de plus grand désordre et donc de plus grande entropie.

Cette augmentation de l'entropie ou du désordre jointe à la conservation de l'énergie et à sa dissipation sont au cœur de ce livre : la première donnant naissance à l'idée de création entropique et la seconde à celle de mort thermique. Celui-ci est divisé en sept chapitres : une introduction générale situe le sujet par rapport à l'histoire des sciences et de la cosmologie d'un côté et par rapport à différents points de vue religieux, philosophiques et idéologiques de l'autre. Le chapitre deux présente les premières idées sur la création et la mort de l'univers en remontant rapidement jusqu'à l'Antiquité. Le chapitre trois analyse les réactions à la naissance de la thermodynamique et introduit l'idée de *mort thermique* de l'univers alors que le chapitre quatre analyse son pendant, l'argument de *création entropique*. Le chapitre cinq élargit le débat au concept même d'univers qui évolue, dans les différents pays, suivant le développement accéléré de la science entre 1860 et 1910. Le chapitre six esquisse les développements postérieurs à 1920. La dernière partie de ce chapitre constitue en fait la conclusion du livre, car dans le dernier chapitre, l'auteur étudie l'entre-deux guerres dans une optique différente : c'est la politique qui est ici à l'honneur avec, entre autres, Marx, Engels et Lénine.

Je conclurai en soulignant une nouvelle fois l'étendue de la bibliographie qui reflète la richesse de la documentation sur laquelle se base ce livre.

Patricia Radelet-de Grave
Université catholique de Louvain

Pinault (Michel), *Émile Borel : une carrière intellectuelle sous la IIIe République*. – Paris : L'Harmattan, 2017. – 635 p. – (Acteurs de la science). – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 39,00 €. – isbn 978-2-343-12942-6.

Avec cet imposant ouvrage de 635 pages, Michel Pinault fournit la première monographie consacrée à Émile Borel. Et sans doute parce qu'elle s'inscrit tout naturellement dans la collection « Acteurs de la Science » chez L'Harmattan, elle est dotée d'un sous-titre dans lequel les mots « science » ou « savants » n'apparaissent plus. L'adjectif « intellectuelle » vient qualifier le mot « carrière ». Celle-ci vaut pour un universitaire, pour un fonctionnaire en général, et se dit moins souvent à égalité d'intérêt pour un parlementaire. De quoi donc s'occupe cet ouvrage qui n'est pas une biographie ordinaire ? La chronologie est largement respectée sous la seule mention de la IIIe République : Borel naquit en 1871, et joua encore un rôle après le suicide de cette république en 1940 et il décéda en 1956, à peu près lorsque la IVe République préparait sa disparition. Ne faisons pas semblant : le monde éditorial francophone a largement peur d'évoquer des scientifiques dans leur temps, et il est tout à fait remarquable que sorte un livre si richement organisé, alors que bien des personnages scientifiques mentionnés dans les pages de l'ouvrage n'ont pas encore reçu les sommes documentaires auxquelles pouvoir se référer. Au contraire de ce qui se passe pour tous les acteurs politiques ou littéraires rencontrés. Un index, une bonne bibliographie rangée par thèmes, des références d'archives et des entretiens oraux, viennent faciliter l'usage d'un texte divisé en cinq parties d'au moins quatre chapitres chacune. La chronologie scandée à un certain rythme fait l'essentiel de la division - jusqu'en 1918, de 1918 à 1924, de 1924 à 1940, et après, un chapitre intermédiaire est intitulé : « une action politique pour et par la science ». C'est le seul à afficher ainsi le mot « politique », avec le mot « science », alors que le mot « intellectuel » sert pour le titre de deux parties. La première par laquelle est discriminé « l'intellectuel de réseaux » et la quatrième pour « l'intellectuel de pouvoir ».

La structure de l'ouvrage a été pensée de telle façon à éviter le genre fastidieux des ouvrages dans lesquels le scientifique est radicalement séparé non seulement du politique, mais généralement de l'homme lui-même. Et c'est très réussi pour le mathématicien et probabiliste Émile Borel, qui fut en plus responsable de l'Institut Henri Poincaré dès sa fondation, un institut qui demeure rue Pierre et Marie Curie, et devra accueillir le futur Musée des Mathématiques et de l'Informatique. Cette seule mention suffit donc à la postérité de Borel pour tout mathématicien ou physicien théoricien, mais aussi bien pour les économétristes, sans qu'il soit besoin de préciser la tribu des boréliens ou encore le théorème de Borel-Lebesgue en topologie des compacts, voire le théorème de Borel-Cantelli en probabilités. Et cela vaut contre l'idée que Michel Pinault développe trop à mon avis d'un Borel « oublié ». Il n'est en tout cas pas plus oublié que bien des ministres de la IIIe République. Son nom parle-t-il moins au grand public d'aujourd'hui que celui de Paul Ramadier, voire de Édouard Herriot ? D'autant que le nom de Borel vient vite quand on discute cette spécificité française ancienne de scientifiques proches des zones de pouvoir, que ce soit avec Nicole Oresme conseiller de Charles V dit le Sage, ou avec Lazare Carnot sous la Révolution française, et bien sûr Laplace et Monge auprès de Napoléon. Mais qui associerait le mot « intellectuel » au nom de Herriot en le dissociant du rôle politique ? Pourquoi le faire pour Borel ? Incidemment on pense à une formule de Curzio Malaparte

dans son *Journal d'un étranger à Paris* qui écrivant en 1947 parle de la séduction extraordinaire qu'exercent sur lui les « hommes de la III[e] » : « Ils représentaient une culture, une tradition, une manière d'être, désormais démodées, surannées, en agonie. Ils avaient du monde une vision "française". Pour eux, être Français signifiait un engagement total de l'intelligence, du cœur, de l'esprit, des manières, du caractère. Leur culture, bien que française, était européenne. Nuls politiquement, fourvoyés, ils étaient forts intellectuellement. Ils servaient le prestige de la France. Ils avaient des idées françaises. »

La comparaison n'est pas déplacée chez Borel, car il y a un homme qui non seulement invente de la science, mais réfléchit sur la science et son rôle dans la société, dans la connaissance de soi aussi, et n'hésite pas plus qu'Auguste Comte en son temps à mouiller sa chemise pour rendre « populaire » cette science, au sens de permettre de mesurer la nature des combats qu'il a fallu mener pour qu'elle apporte à chacun. Il y a là pourtant deux mentalités différentes : Borel est un *puer aureus* de l'école et il veut rendre tout facile ; Comte n'est pas un élève ultra doué, et il connaît le prix de l'effort pour comprendre, jusqu'à rendre bien pesante ses explications philosophiques.

Le biographe ici ne cherche pas de telles comparaisons, quoiqu'il mentionne sans s'y attarder une façon « française » de faire de la théorie des ensembles, et il tient à son sujet explicite : la carrière d'un intellectuel. Il la met sous le signe de l'ambition, ou plus précisément d'un esprit aimant s'affirmer seul. Ce qui semble contradictoire avec la politique de réseaux qu'il développe. Mais c'est là que le livre devient plus complexe. Contrairement à bien des biographies en effet, celles d'hommes politiques même dans le cadre parlementaire qui ne touchent pas le cadre exécutif, le biographe ne s'intéresse pas aux années de formation, aux instituteurs influents, guère à l'atmosphère protestante de la famille. Deux choses focalisent son intérêt. Le nombre impressionnant de personnes rencontrées d'une part par Borel, ce qui fait les « réseaux » à partir du réseau normalien, s'étend au réseau universitaire dans une stratégie matrimoniale bien conçue, au réseau de l'Académie des sciences, au réseau des élections politiques avec le radicalisme (dit intransigeant de Borel), au réseau ministériel, même si un portefeuille ne fut occupé qu'une seule fois par Borel. D'autre part le tissu du milieu « intellectuel », qui n'est pas ici dit « culturel » en dépit des activités littéraires de Camille Marbo, l'épouse de Borel, et part d'un dreyfusisme peu militant, s'oriente vers une activité en faveur de la Société des Nations, et passera en faveur de la Résistance. L'auteur n'oublie pas la marque de Borel l'écrivain, celle de la vulgarisation scientifique comme on dit. Mais est-on sûr que ce soit le bon qualificatif pour l'auteur de la *Théorie mathématique du bridge à la portée de tous* (Gauthier-Villars, 1940), ou des *Nombres premiers* dans la collection *Que sais-je* ? (1953). Évidemment Borel aujourd'hui aurait un blog, et décrirait certaines questions d'actualité, comme dans la *Revue du Mois* en 1906 où il parlait de la graphologie, ou de l'aviation dans la *Revue de Paris* en 1910, voire quand il préfaçait en 1921 la parution française de la *Théorie de la relativité restreinte et généralisée d'Einstein*. Et je ne peux m'empêcher de parler des *Leçons sur les séries à termes positifs* de 1902, car en un sens un public non spécialisé pouvait par ce livre s'initier à des choses particulièrement techniques sans trop de mal, un peu comme à la fin de la Seconde Guerre mondiale les éditions Mir fournirent des publications quasiment autonomes sur divers sujets scientifiques.

Le lecteur aura certes un peu le tournis avec tous les noms cités dans tant de milieux, et se doute qu'il n'est pas possible que les réseaux soient homologues. Or on ne peut pas entrer dans la texture intellectuelle des influences et des relations s'il n'est pas précisé un certain nombre d'enjeux et je vais pêle-mêle mettre des « ismes » : le positivisme, le scientisme, le bergsonisme, le radicalisme, le pacifisme. Compte tenu de la richesse de noms cités, il aurait été judicieux si l'éditeur l'y avait autorisé, de faire figurer des photographies légendées et si possible datées, permettant de situer tel ou tel acteur dans tel ou tel débat, scientifique, politique, religieux, etc. En tout cas de le faire de façon moins fastidieuse que le simple rappel de dates de naissance et de décès. On entend des noms qui, pour ceux qui sont informés, permettent presque de se croire revivant diverses époques : c'est une belle réussite qui est alliée à une passion de la citation. Il m'est impossible d'en citer plusieurs, mais juste cette remarque pince sans rire d'Einstein face à une Anna de Noailles volubile : « je m'excuse, je ne comprends le français que quand on le parle mal ». Mais quel effet pour ceux auxquels le nom de cette poétesse d'origine roumaine ne dit pas grand' chose d'autre qu'une récitation apprise il y a longtemps ? J'ai volontiers choisi un exemple littéraire, mais évidemment la rencontre avec Élie Cartan ou Henri Lebesgue sans précision sur les préoccupations à ce moment risque de ne pas apporter beaucoup au lecteur non mathématicien. Mais, sur bien des points, quand il s'agit de querelles institutionnelles, les choses sont parfaites, et à titre d'exemple parmi tant d'autres est fort bien documentée le passage de Louis de Broglie au poste de secrétaire perpétuel à l'Académie des sciences après la mort d'Émile Picard, un autre *puer aureus* mathématicien et contemporain de Borel.

Tout historien du monde culturel et scientifique voulant évoquer les nombreuses périodes décrites aura intérêt à passer par cet ouvrage de référence, et on regrette d'autant plus des doublements de mots, des fautes par absence de relecture, mais aussi l'absence d'une vérification par un mathématicien de quelques expressions qu'il aurait été si facile de corriger.

Jean Dhombres
Centre national de la recherche scientifique &
École des hautes études en sciences sociales

Histoire des techniques

Landes (David S.), *L'heure qu'il est : les horloges, la mesure du temps et la formation du monde moderne* / traduit de l'anglais par Pierre-Emmanuel Dauzat et Louis Évrard. – Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres », 2017. – 632 p. – (Histoire ; 137). – 1 vol. broché de 15 × 21,5 cm. – 29,50 €. – isbn 978-2-251-44657-8.

L'auteur est « spécialiste de l'histoire économique européenne moderne et de l'histoire technique et sociale » (cf. 4e de couverture) et fut professeur à Harvard. Le livre est la version, posthume, mais revue et corrigée par Landes lui-même, d'une première traduction en français (datée de 1987) de l'ouvrage intitulé *Revolution in Time* (paru en 1983). Il est consacré à l'horlogerie mécanique et est divisé en trois parties et 21 chapitres, aux titres parfois énigmatiques.

« Trouver le temps » est le thème de la première partie. Celle-ci tente de répondre à deux questions : « comment et pourquoi une invention aussi féconde s'est-elle faite en Europe, et pourquoi est-elle restée un monopole européen pendant cinq cents ans ? » (p. 40). Le premier chapitre concerne « une magnifique impasse » : celle des clepsydres astronomiques des Xe et XIe siècles en Chine. L'auteur en arrive ensuite au récit de cadeaux d'horloges mécaniques faits aux empereurs chinois par des Européens à partir du XVIe siècle. Quant au chapitre 3, il relate l'invention en Europe, dès la fin du XIIIe siècle, des horloges mécaniques et souligne que cette innovation a eu lieu dans le cadre de la vie monastique (car cette dernière devait « fixer les heures de la liturgie ») (p. 108). Le chapitre suivant concerne la diffusion dans les villes de ces nouvelles horloges peu après leur invention : cette technologie répondait en effet « au besoin de savoir l'heure » pour mieux organiser la vie urbaine et rythmer le travail (p. 116).

La deuxième partie, intitulée « Garder le temps », « est un essai d'histoire des sciences et des techniques » (p. 41). Le chapitre 5 décrit les débuts de l'horlogerie mécanique, caractérisée notamment par le fait que « toutes les localités restèrent fidèles à leur 'heure vraie' telle que l'indiquait le soleil » (p. 149). La chapitre 6 rapporte l'exploration des trois voies qui s'offraient à l'horlogerie de petit volume : la « recherche d'une miniaturisation » toujours plus poussée (p. 156), le développement de l'horloge et des montres en tant qu'ornements et ce même développement pour obtenir des instruments de mesure. Le chapitre 7 se focalise sur l'accroissement de précision horlogère et, en particulier, sur les améliorations apportées, au XVIIe siècle, par le Hollandais Huygens. Le chapitre suivant est consacré aux progrès ultérieurs : la gestion des variations de température et celle de la friction. Le chapitre 9 retrace l'histoire de l'Anglais Harrison qui prouva, au XVIIIe siècle, que la réalisation d'une horloge permettant de calculer les longitudes était possible. Vient ensuite la narration des résultats pratiques obtenus par la « filière française » (p. 227) dans ce domaine. La chapitre 11 analyse comment, « dans le dernier quart du XVIIIe siècle, les Britanniques ont fait du chronomètre de marine un objet de production industrielle et d'utilité commerciale » (p. 243).

Quant à la troisième partie, la plus longue, mais aussi la plus originale, elle a pour titre : « La facture du temps » (p. 263). Elle est « consacrée à ceux qui ont fait les horloges et les montres, et à leur œuvre. C'est là un exercice d'histoire économique, une revue des techniques de manufacture et des modes de production qui se sont succédés » (p. 41). D'entrée de jeu, l'auteur affirme : « je ne vois pas d'industrie qui illustre aussi bien les étapes de la manufacture » (p. 266). Le chapitre 12 me paraît particulièrement intéressant. Il raconte comment étaient fabriquées et maintenues tant bien que mal les « horloges dans le beffroi » (p. 267). Le chapitre suivant est dédié à la division du travail dans l'horlogerie. Landes y distingue « trois niveaux de spécialisation : entre corps de métiers, à l'intérieur d'un même corps, et sur un chantier ou dans un atelier » (p. 280). Le chapitre 14 relate et explique la suprématie de l'industrie horlogère britannique de la fin du XVIIe siècle à la fin du siècle suivant (p. 298). Il évoque l'effondrement de l'industrie horlogère française dans la seconde moitié du XVIIIe siècle malgré l'expertise de Breguet, né à Neufchâtel, mais fixé à Paris. Et c'est au décollage, à la fin du XVIe siècle, et au développement de l'industrie horlogère genevoise qu'est consacré le chapitre 15. Ce développement s'explique notamment par le fait que Genève, ville refuge, accueillit des « horlogers fuyant la France,

où les protestants formaient l'élite de la profession » (p. 322). À partir de 1780, la production horlogère genevoise commença à chuter (p. 344). Elle fut supplantée par l'industrie montagnarde de Neufchâtel et du Jura Suisse. Cette dernière démarra « sous la forme de quelques ateliers artisanaux au début du XVIIIe siècle pour devenir l'une des fabriques rurales les plus prospères du monde à la fin du siècle » (p. 333). C'est à l'analyse de cette réussite qu'est consacré la chapitre 16. C'est, en revanche, le déclin de la Grande-Bretagne en matière d'horlogerie, dès la fin du XVIIIe siècle, que rapporte le chapitre suivant. Le chapitre 18 offre notamment une tentative d'explication de « la réussite suisse et de l'échec britannique » (p. 400). Landes y affirme que le protestantisme, en Suisse, a pu avoir un effet « sur le niveau intellectuel de la population horlogère » (p. 406). Et il ajoute : « À mon sens, la clé fut [...] la contribution du protestantisme à l'apprentissage en lettres et en arithmétique » (p. 406). Quant au chapitre 19, il raconte comment et pourquoi les USA innovèrent, dès le début du XIXe siècle, en appliquant à l'industrie horlogère « le principe d'uniformité » (p. 413) : ils construisirent des machines-outils permettant d'obtenir des pièces semblables, voire interchangeables. Ce fut un grand succès. Le chapitre 20 aborde l'évolution de l'industrie horlogère à la fin du XIXe siècle et dans la première moitié du XXe, essentiellement en Suisse et aux USA. Et le dernier chapitre fait le récit de « la révolution du quartz » qui, à partir de la fin des années 1960, sonna le glas des montres mécaniques (p. 451).

Ce livre est très intéressant et bien documenté, mais présente, selon moi, une lacune : il lui manque, me semble-t-il, une flèche du temps reprenant, de façon synoptique, pour les différents pays concernés, la chronologie des différents événements.

Marie d'Udekem-Gevers
Université de Namur

Philosophie des sciences

Mawhin (Jean), *Les modèles mathématiques sont-ils des modèles à suivre ?*. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2017. – 109 p. – (L'Académie en poche ; 97). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 7,00 €. – isbn 978-2-8031-0600-4.

Il est peu de mots aussi polysémiques que celui de « modèle ». Un modèle de perfection, un modèle d'inspiration, un modèle à suivre, ... un modèle mathématique enfin.

Jean Mawhin, mathématicien émérite de l'Université catholique de Louvain et membre bien actif de la Classe des sciences de l'Académie royale nous propose, en quelque cent pages, une très brève histoire des modèles mathématiques. En quatrième de couverture, on nous annonce qu'il s'agit de discuter l'importance et les limitations de « cet important outil de recherche ».

Le concept de modèle en sciences, et celui de modèle mathématique en particulier, a fait couler beaucoup d'encre sous la plume des philosophes. Tout scientifique qui se respecte et qui est en proie aux modèles mathématiques (lequel ne l'est pas ?) s'interroge un

jour sur la portée, les pièges, et en fin de compte « l'efficacité déraisonnable » de ces derniers.

Pour bien comprendre l'objectif que s'est fixé Mawhin, il est sans doute utile d'observer que son opuscule est la version rédigée d'un cours donné au Collège Belgique le 9 mars 2016 et dont la vidéo est d'ailleurs à ce jour toujours accessible sur le site internet de l'Académie. Le contenu est donc destiné à ce qu'on nomme de nos jours un public « instruit », curieux, mais qui ne pratique pas nécessairement la recherche scientifique au quotidien.

L'auteur, nous l'avons dit, est mathématicien. À la fin de son ouvrage, il appelle d'ailleurs à témoin deux autres mathématiciens : John von Neumann, qui en 1955 affirmait que « les sciences n'essaient pas d'expliquer, elles essaient même difficilement d'interpréter, elles fabriquent principalement des modèles » (p. 89), et celle de Pierre-Louis Lions, qui confesse ses penchants constructivistes : « les maths, c'est le langage de la science telle que notre cerveau la construit » (p. 98). Mawhin le rassure : « Non Pierre-Louis, tu n'es pas tout seul » (p. 99). Dès le milieu de l'ouvrage, il avait d'ailleurs convoqué un biologiste, Alain Prochiantz, qui, en distinguant clairement l'épistémologie (« la connaissance, c'est nous, *sapiens* ») de la métaphysique transcendantale, dénonce l'idée du « Grand Livre de la Nature écrit en langage mathématique » (p. 51).

La thèse du professeur Mawhin est donc claire : les modèles mathématiques sont un *outil* qui sert à la construction des sciences et non l'expression directe du réel. Il va apporter à cette démonstration un art consommé.

D'emblée, il abat ses cartes. Il observe que « des modèles climatiques nous prédisent un avenir bien sombre si nous ne changeons pas nos habitudes, et des modèles économiques font de même si nous le modifions trop » (p. 7). En quelques mots, il fait jaillir à la fois l'épaisseur du dilemme dans lequel s'est engoncée la civilisation humaine — rien que cela ! — et la nécessité absolue de comprendre la portée de ces modèles. Les dictionnaires contemporains définissent le modèle comme la représentation simplifiée d'un processus. La notion clé, utilisée à plusieurs reprises par l'auteur, est en fait celle de *traduction* : la modélisation mathématique implique la traduction d'une réalité dans un environnement mathématique. À l'image d'un texte d'abord traduit, puis retraduit dans la langue d'origine, l'entreprise de modélisation laisse fuir une part du réel. Vouloir colmater ces pertes conduirait à des difficultés insondables, telles que celles évoquées par l'imaginaire carte à l'échelle 1:1 de Borges. En filigrane, le lecteur éclairé percevra les paradoxes du modèle englobant le sujet modélisant, qui ont préoccupé bien d'autres mathématiciens au cours du XXe siècle.

Après ce premier chapitre, malicieusement intitulé « Les mots et la chose », l'auteur nous propose une brève histoire des modèles démographiques, à commencer par la fameuse suite de Fibonacci qui devait rendre compte de la croissance exponentielle de lapins éternels, toujours verts, et bien nourris. Mawhin nous guide ensuite vers Malthus, qui s'inquiétait de l'écart inexorable entre la progression arithmétique des ressources et la croissance géométrique des populations, pour enfin nous accueillir dans sa maison : l'Académie royale. L'académicien belge Paul Verhulst est en effet l'auteur du célèbre modèle logistique qui a servi de base, entre autres, au modèle de proie-prédateurs (Lotke-Voltera) enseigné aujourd'hui dans les écoles de mathématiques et de biologie. En creux, Mawhin laisse appa-

raître à plusieurs endroits le double intérêt des modèles mathématiques. Ils sont certes des constructions éclairant le scientifique — et en cela, sans l'épreuve de l'expérience du réel, ils ne sont rien —, mais aussi de bien curieux et fascinants objets pour les mathématiciens. De cette double identité émerge l'ambivalence entre quête esthétique et réalisme que j'ai moi-même souvent éprouvée dans mes propres recherches.

Les chapitres 4 et 5 nous amènent alors sur le terrain de l'astronomie, puis de la cosmologie, deux domaines à partir desquels les questions théologiques et existentielles ne sont jamais loin. Pour Copernic, présenter un modèle héliocentrique comme une simple hypothèse — une construction mathématique commode sans portée ontologique — qui ne devrait pas remettre en cause les dogmes religieux. Galilée a fait semblant d'emprunter ce chemin, mais sans la prudence qui lui « aurait évité [...] bien des ennuis, mais aussi sans doute une fameuse publicité et une éternelle gloire » (p. 50). Mawhin fait un détour par Kepler avant d'aboutir à Newton. On l'oublie trop souvent, mais la loi de la gravitation universelle que nous devons au grand maître échappe à la conception mécanique du monde, et Newton la voyait lui-même comme une « absurdité [...] telle qu'aucun homme compétent en matière philosophique ne peut y croire » (p. 58).

Le chapitre 6 est consacré aux « modèles mathématiques les plus médiatisés aujourd'hui à tort ou à raison » s'empresse-t-il d'ajouter : ceux liés à l'évolution du climat et aux spéculations financières. Un brin facétieux, Mawhin ajoute : « Un habitant de Sirius en déduirait peut-être que le but de l'être humain est d'être riche au soleil ». Les climatologues se sont imposé un défi extrême en écrivant des systèmes d'équations si gigantesques que les mathématiciens ne sont même plus en position d'en démontrer l'existence d'une solution. Nous entrons de plein pied dans le domaine de l'épistomologie de la simulation. Mawhin n'y consacre que quelques pages, mais ce qu'il écrit témoigne à la fois d'une grande acuité, d'une certaine indulgence, et de beaucoup de lucidité : « l'évolution [simulée par les modèles climatiques] constitue [...] un signal dont il serait irresponsable de ne pas tenir compte » avant de terminer, fataliste : « de nombreuses formes de vie [...] survivront à un important réchauffement climatique. Elles assisteront à notre extinction avec indifférence » (p. 80). L'auteur se montre bien plus mordant envers les modèles économiques, en rappelant l'enthousiasme que suscitaient les modèles de rentabilité et d'évolution boursière qui devaient soutenir des produits dérivés. On sait depuis que l'hypothèse des fluctuations gaussiennes sur laquelle ils reposaient a coûté bien cher à de nombreux contribuables.

Le dernier chapitre se conclut par diverses réflexions qui ont déjà été mises en lumière dans ce compte rendu. Je saisirai pour ma part l'occasion d'exprimer à la foi ma reconnaissance et mon admiration pour mon confrère Jean Mawhin qui a su allier tant d'humour et de sens de l'histoire pour écrire ces cent pages.

Michel Crucifix
Université catholique de Louvain

Verdet (Cyril), *Méditations sur la physique : anthologie* / préface de Michel Blay. – Paris : CNRS éditions, 2018. – 285 p. – 1 vol. broché de 14 × 22 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-271-11509-6.

« Étudie tes formules par cœur, ça suffira pour réussir l'examen » : combien de physiciens enseignant leur discipline de prédilection auront surpris une telle phrase en fin d'année scolaire ? La physique, nous disent ceux qui la pratiquent, est pourtant bien plus que la somme des signes mathématiques qui composent ses lois. Cyril Verdet, professeur de physique au lycée Stanislas à Paris et chercheur associé à l'Observatoire de Paris, a choisi de consacrer ses *Méditations sur la physique* à cette thématique : décrire la physique en tant qu'œuvre de l'esprit. Comme l'annonce le quatrième de couverture, ce texte n'est pas un livre de physique, mais bien *sur* la physique — plus précisément, l'auteur se concentre sur la mécanique dite newtonienne. Quels sont les concepts fondamentaux de cette science ? Quelle place y occupent l'expérience et les mathématiques ? Quel type de vérité au sujet du réel peut-elle apporter ? Cyril Verdet aborde ces questions au gré d'un ouvrage divisé en cinq chapitres clairs et (im)pertinents — le lecteur tranchera.

Le premier chapitre est consacré à l'abstraction en physique, soit la démarche consistant à extraire du réel des propriétés — arbitraires, mais mesurables — ainsi que des liens algébriques entre elles. Une attention particulière est apportée à la notion de point matériel, concept central et ô combien contre-intuitif en mécanique. Dès que les grandeurs d'intérêt sont mesurées, l'exactitude mathématique disparaît et l'on entre dans le domaine de l'« à-peu-près vrai » : la mesure expérimentale et la nécessaire fixation des unités de mesure font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre expose l'intriguant concept de loi de conservation avec une question-clé : dans ces lois, dont l'énergie est l'exemple le plus connu, « la raison ne met-elle pas […] quelque chose qu'elle ne tient pas des sens ? » (p. 174). En effet, comme le fait habilement remarquer l'auteur, « on *veut* que quelque chose se conserve » (p. 243) et les modèles physiques sont donc souvent aménagés conformément à cette conviction. Dans les deux derniers chapitres, consacrés aux notions de loi et d'ordre déductif, l'auteur expose comment la physique, pour se constituer en tant que telle et non plus comme philosophie de la Nature, a conservé la logique, mais a privilégié la symbolique mathématique à l'argumentaire discursif. C'est là le prix à payer pour obtenir une science aussi détachée que possible des images mentales parfois trompeuses des physiciens eux-mêmes. Toutefois, cet idéal ne sera jamais atteint — et c'est peut-être tant mieux — : « [le physicien] ne livre jamais à la logique ce qu'il abstrait du réel sans avoir au préalable anticipé secrètement l'allure de la construction logique achevée, à l'image du monde inavoué qui gît aussi dans son esprit » (p 236).

En plus des considérations de l'auteur, chaque chapitre présente deux textes, tirés d'œuvres pionnières en mécanique et épistémologie, illustrant les notions abordées par l'auteur. Soulignons la remarquable sélection de C. Verdet qui parviendra à surprendre plus d'un lecteur : à côté de figures incontournables comme Duhem ou Koyré par exemple, on pourra découvrir des contributions de savants moins reconnus aujourd'hui — Boscovich, Reech, Poisson, etc. —, dont la pensée mérite néanmoins que l'on s'y attarde.

L'ouvrage de Cyril Verdet est en conclusion une lecture des plus enrichissantes pour qui a déjà été interpellé par la physique ou qui, à plus forte raison, pratique quotidiennement cette science. Une condition toutefois : nourrir un intérêt pour les questions épistémologiques — pas de place ici pour le fameux « tais-toi et calcule », attribué à R. Feynman à propos de la mécanique quantique. À l'heure où la physique trouve dans l'invariance de

jauge un principe « fondamental » de conservation, abandonne les particules ponctuelles pour attribuer à des cordes le rôle de constituant ultime de la matière, et où la géométrie non commutative renonce à la notion de point de l'espace-temps, souhaitons que Cyril Verdet étende ses méditations aux nombreux concepts surprenants de la physique contemporaine dans un futur ouvrage !

Fabien Buisseret
Haute école Louvain-en-Hainaut

Sciences et société

Durand (Antonin), *La quadrature du cercle : les mathématiciens italiens et la vie parlementaire (1848-1913)*. – Paris : Éditions rue d'Ulm, 2018. – 340 p. – (Italica). – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 26.00 €. – isbn 978-2-7288-0587-7.

Il n'est pas très fréquent, en tout cas pas encore, que des historiens qui ne sont pas explicitement historiens des sciences prennent comme objet d'étude une communauté scientifique. En cela, l'originalité de l'essai brillant qu'Antonin Durand vient de faire paraître aux Éditions Rue d'Ulm ne fait pas de doute. Cet ouvrage, consacré à l'importante présence des mathématiciens au plus haut sommet de l'État, dans les cinq premières décennies du royaume d'Italie, est issu de la thèse de doctorat en histoire politique qu'il avait préparée et soutenue il y a trois ans sous la direction de Gilles Pécout. La période étudiée, qui court de 1860 à la Grande Guerre, a en effet vu de nombreux mathématiciens — dont certains comme Enrico Betti avaient même participé sur le terrain aux batailles contre l'Autriche — désirer prendre part à la nouvelle vie parlementaire de la péninsule. Certains le firent comme députés élus, d'autres comme sénateurs nommés. Les uns et les autres voulurent être présents dans ces moments décisifs où s'élaborait l'administration du nouvel état. Il y avait eu un précédent, mais en France, à une telle présence dans les allées du pouvoir : lors du Consulat et du Premier Empire, Bonaparte (puis Napoléon), à la suite de l'expédition d'Égypte, avait voulu s'entourer de multiples savants auxquels il avait confié non seulement des tâches académiques (différentes créations ou réformes d'institutions d'enseignement comme l'École polytechnique ou l'Université), mais aussi des tâches administratives. Un exemple parmi les plus fameux est celui de Joseph Fourier qui resta préfet de l'Isère pendant quasiment toute la période napoléonienne.

En suivant le parcours politique de ce groupe de spécialistes d'un domaine académique plutôt réputé pour son abstraction, Antonin Durand tente d'expliquer les stratégies individuelles (pourquoi ce mathématicien-là a-t-il tenu à s'engager à ce moment-là ?), mais aussi les choix collectifs ou institutionnels. Il s'agit en effet pour lui de comprendre pourquoi telle instance a pu choisir un mathématicien comme candidat à la députation ou pourquoi le roi l'a désigné comme sénateur. Mais c'est surtout la construction de la figure de l'expert mathématicien et de son rôle dans le domaine politique qui constitue la question centrale posée par l'auteur à travers son étude d'un volumineux corpus d'archives (notamment d'innombrables correspondances), de journaux parlementaires, d'articles de presse et de textes écrits par les contemporains. Antonin Durand ne manque pas de souligner, avec une

pointe de malice, dans la postface de l'ouvrage, que des interrogations sur la légitimité de certaines candidatures, sur l'utilité qu'elles peuvent ou non revêtir ou sur la manière dont l'engagement parlementaire pourrait ou non nuire à des carrières scientifiques ont resurgi, il y a deux ans en France, au sujet de l'accès à la députation du très médiatique Cédric Villani dans le sillage de l'élection d'Emmanuel Macron.

Dans le jeune royaume d'Italie, contrairement à ce qu'on pourrait naïvement penser au premier abord, les domaines législatifs dans lesquels les parlementaires mathématiciens se sont trouvés impliqués n'allèrent pas nécessairement de soi. Devenus, à leur corps défendant, des hommes politiques, ils ne furent pas toujours en situation de les choisir par eux-mêmes, et le calendrier dicté par l'exécutif, résultant souvent d'une situation spécifique à un moment donné, pouvait réquisitionner députés ou sénateurs très au-delà, et assez indépendamment, de leurs compétences « civiles ». Autre raison, plus subtile et plus inattendue, les compétences exactes d'un mathématicien n'étaient pas forcément très claires aux yeux de ses collègues non-mathématiciens. Par exemple, on aura facilement tendance à considérer que toute question de nombres, au sens le plus pratique, comme la vérification comptable ou la collecte de données chiffrées, doit se trouver « naturellement » dans le domaine de prédilection d'un mathématicien, point qui s'avère pour le moins discutable. À une autre époque et dans d'autres circonstances, les mésaventures du mathématicien français Henri Lebesgue pendant la Première Guerre mondiale sont révélatrices. Le mathématicien Émile Borel, en tant que directeur des inventions intéressant la défense nationale, désirait le recruter pour mener des calculs balistiques. Lebesgue n'eut de cesse d'expliquer à son collègue que bien qu'il fût initiateur d'un des plus profonds bouleversements de l'analyse mathématique au début du XXe siècle, il était absolument inapte à mener des calculs même assez simples sans faire de nombreuses erreurs. Il est vrai que les parlementaires étudiés dans le livre d'Antonin Durand se sont en général limités à des interventions dans des domaines qui avaient un certain rapport avec leur champ d'expertise, en premier lieu l'université ou plus généralement les questions d'éducation. Mais certains, comme Betti ou Cremona, dont la qualité de mathématicien faisait que leurs confrères leur attribuaient d'office une grande aisance avec les nombres et les calculs, se retrouvèrent entraînés, la main plus ou moins forcée, dans les questions budgétaires. Il est d'ailleurs remarquable qu'ils se prirent au jeu au point de devenir d'indiscutables experts sur ces questions. On suit avec minutie les trajectoires parfois sinueuses des protagonistes pour étudier l'évolution de leur domaine d'intervention au cours de leur carrière politique, domaine qui souvent s'élargit en proportion de leur prise de distance avec leur travail mathématique.

La présence accrue des mathématiciens dans les allées du pouvoir fut aussi liée à la montée en puissance de l'université italienne : la création de nombreuses chaires, renforcées par le charpentage de plus en plus solide de l'enseignement secondaire, fut une des premières tâches auxquelles s'attela le gouvernement de l'Italie unifiée. La première partie du livre étudie donc avec précision cette émergence de l'Italie, « troisième puissance mathématique » en Europe après l'Allemagne et la France à la fin du XIXe siècle, qui fut le terreau fécond de cette histoire. Suivre la carrière politique de ce personnel un peu particulier permet alors à l'auteur de révéler une profonde ambiguïté de la situation. Ces mathématiciens furent en effet souvent anxieux de pouvoir, d'une façon ou d'une autre et tant bien que mal, poursuivre leur carrière scientifique. Et pas seulement par passion personnelle. Certes,

ce n'était pas leurs compétences spécifiques en géométrie différentielle ou en analyse réelle qu'on voulait mobiliser pour leur travail parlementaire. Mais c'était évidemment l'énergie considérable qu'ils avaient consacrée à ces disciplines qui leur avait permis d'y atteindre les plus hauts sommets et d'être ainsi reconnus par leurs pairs, nationalement ou internationalement. Ce statut de mathématicien en vue fondait à ce point la légitimité de leur présence dans les rouages de l'État, qu'il était clair pour beaucoup qu'ils devaient tout faire pour le conserver. Le livre démontre avec justesse le mouvement de balancier incessant entre la carrière académique et la carrière politique qui sous-tend la vie du groupe étudié.

Le livre d'Antonin Durand, s'il s'appuie sur l'étude du cas des mathématiciens italiens, est donc loin de s'y limiter. Il offre un examen profond de questions fondamentales autour du rôle de l'expertise et des experts dans le monde contemporain, ce qui est attendu d'eux et la manière dont leur engagement scientifique les amène à prendre une parole publique. Il devrait ainsi permettre à des lecteurs d'horizons très divers de nourrir une réflexion nécessaire sur la position du savant dans les sociétés modernes.

LAURENT MAZLIAK
Sorbonne Université

Sciences et religions

ILIFFE (Rob), *Priest of Nature : The Religious Worlds of Isaac Newton*. – Oxford : Oxford University Press, 2017. – 522 p. – 1 vol. broché de 24 × 16,5 cm. – 26,00 €. – isbn 978-0-19-999535-6.

Suite aux premières études sur la religion d'Isaac Newton entreprises par Frank E. Manuel dans les années 1960, cet ouvrage représente la synthèse des travaux des trente dernières années portant sur les idées religieuses du grand savant anglais. L'auteur est d'autant plus qualifié pour entreprendre cette tâche qu'il possède une connaissance intime des manuscrits théologiques de Newton en tant que coéditeur (avec Scott Mandelbrote) du *Newton project* ©, à savoir l'entreprise d'édition en ligne de l'ensemble des écrits de Newton.

Suivant globalement un ordre chronologique, l'ouvrage offre une biographie religieuse de Newton intégrée au contexte plus large des tensions de la Réforme. Le premier chapitre présente une description à ce jour inégalée du milieu religieux au sein duquel Newton grandit, caractérisé par les luttes d'influences entre coteries puritaines et royalistes, aussi bien dans sa province natale du Lincolnshire qu'au sein de l'Université de Cambridge qu'il intégra en 1661. Le chapitre suivant met l'accent sur l'austérité morale qui marqua l'éducation du jeune Isaac au point de conditionner le rigorisme et la sobriété qui caractérisèrent la personnalité adulte de l'auteur des *Principia*. Quant aux options théologiques hétérodoxes de Newton, l'auteur s'abstient sagement d'y assigner quelque origine précise étant donné l'absence de sources primaires explicites. Il apparaît ainsi que Newton en vint par lui-même, au gré de ses propres études des Écritures, à considérer que le dogme de la Trinité constituait une rupture irréductible avec le monothéisme de la religion primitive de l'humanité pratiquée par « Noé et ses fils » (p. 211).

Le chapitre 5 dépeint la virulence de l'anticatholicisme de Newton attribuant à Athanase et à ses acolytes, les moines égyptiens du IV[e] siècle, le dessein blasphématoire de détourner les chrétiens du culte du dieu de Noé au profit de celui d'un être créé. Dans les chapitres 10 et 11, Iliffe met en évidence la similitude entre les techniques procédurales utilisées par Newton pour incriminer les brigands de la clique athanasienne et celles dont il usa pour identifier les faux-monnayeurs après qu'il fut nommé maître de la Monnaie royale britannique. Les positions radicales de Newton en matière théologique n'en contrastent que davantage avec la proximité des liens qu'il noua avec des ecclésiastiques anglicans dont il savait pourtant tout l'attachement au dogme de Nicée. Le chapitre 7 renforce l'image d'un Newton proche des milieux puritains de par son attrait particulier pour l'interprétation des prophéties de l'Apocalypse inspirée par les écrits de Joseph Mede.

Iliffe affirme en introduction que, pour Newton, « la philosophie naturelle constituait en grande partie une entreprise religieuse » (p. 16). Dans le chapitre 6, il précise ainsi que le traité inédit de Newton intitulé *Les Origines philosophiques de la théologie païenne* visait à démontrer que la chute originelle de l'homme dans l'idolâtrie au travers du culte des astres avait corrompu aussi bien la vraie religion que la connaissance de la philosophie naturelle. Aux yeux de Newton, l'animisme cosmique propre aux cosmologies des peuples de l'Orient ancien, et subséquemment au système d'Aristote, n'était autre que le pendant philosophique de l'astrolâtrie païenne. Il importait dès lors de désacraliser les éléments du cosmos afin de rétablir aussi bien le culte pur que la science véritable. Pierre Duhem, familier aux lecteurs de cette revue, aurait sans doute aimé avoir eu connaissance de ce traité alors qu'il rédigeait son *Système du monde*. Iliffe semble cependant vouloir se départir des excès de certaines thèses visant à unifier la pensée religieuse de Newton avec son œuvre scientifique, quitte à recourir à une formule proche de l'oxymore : « il semble raisonnable de voir les recherches des *Origines* comme un projet séparé mais relié au programme proprement philosophique qui sous-tend les éléments du *liber secundus* [des *Principia*] » (p. 200).

Tout au long de l'ouvrage, l'auteur offre une description minutieuse des réseaux savants au sein desquels Newton évolua au cours de sa longue carrière. Il en ressort que le titulaire de la chaire lucasienne de mathématiques savait au besoin se renseigner auprès de certains experts dont il estimait l'érudition, sans jamais pour autant se soumettre à l'autorité de quiconque. Newton se complaisait avant tout dans son indépendance intellectuelle.

Malgré le référençage précis des sources utilisées, on regrettera la paucité de citations directes de la main de Newton. Le lecteur gagnerait à lire davantage d'extraits de la prose du théologien radical dont la rhétorique peut passer en l'espace de quelques lignes de la sobriété mesurée des considérations exégétiques à la violence des invectives contre les idolâtres en tout genre. Iliffe en reproduit cependant un extrait significatif portant sur les disciples d'Athanase :

> « Ils maintiendront que la Tri-unité ne nie pas le Père & le Fils, que l'union Hypostatique & l'impassibilité du Fils ne nient pas que Jésus Christ est venu dans la chair & a souffert pour nous, que le culte des saints & des reliques n'est pas de l'Idolâtrie ; mais que diront-ils de la prostitution, du meurtre, du vol, du mensonge, du parjure, de la perfidie, de l'ivresse, de la gloutonnerie, de l'oppression, de l'orgueil, de la vo-

> lupté, des blasphèmes et des dissensions ? Chacun de ces actes suffit pour damner un homme, de même que l'Antichristianisme & l'Idolâtrie, & fait donc d'un homme un faux Chrétien aussi bien qu'une Église de tels Chrétiens une fausse Église. Et si la génération dont je parle n'était pas notoirement coupable de ces crimes, s'ils n'étaient pas plus coupables que les Païens eux-mêmes, oui, que les Barbares Païens, s'ils n'étaient pas apparemment le Royaume le plus inique, la pire espèce d'hommes qui ait jamais régné sur la surface de la terre jusqu'à ce temps même, alors, que l'Oracle soit un mensonge & que mon accusation soit impétueuse & peu charitable » (p. 274).

Les citations de ce genre d'extraits mériteraient d'être multipliées tant elles tranchent avec l'image reçue de l'homme sage et stoïque popularisée par les portraits officiels de Sir Godfrey Kneller. Le père fondateur de la physique moderne était assurément engagé dans les débats religieux de son siècle. Pour ceux que la densité de l'ouvrage intimiderait, nous ne saurions trop recommander, du même auteur, le plus concis mais non moins érudit : *Newton, a Very Short Introduction*, également aux Presses Universitaires d'Oxford.

Michael Joalland
Centre Roland Mousnier — Sorbonne Université

Science et religion / sous la direction de Claude Dargent, Yannick Fer et RaphaëL Liogier. – Paris : CNRS éditions, 2017. – 250 p. – (CNRS Alpha). – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-271-08941-0.

Sous le titre général *Science et Religion*, Claude Dargent, Yannik Fer et Raphaël Lioger publient des contributions à des sessions engagées par le « Réseau Thématique Sociologie et Religion ». Le sujet annoncé est si vaste que le lecteur ne saurait imaginer trouver dans la douzaine de contributions une réponse à toutes les questions que ce titre évoque ; pourtant le champ exploré est très large, tant dans le temps que dans l'espace et il permet de mettre en relation des mondes bien différents et de voir les questions que cela pose.

Après une longue introduction par Claude Dargent, nous lisons des études sur l'Angleterre puritaine du XVIIe siècle (Laetitia Orgozelec-Guinchard), le droit canonique de l'Église catholique sous Benoît XVI (Elsa Déléage), la promotion de l'histoire par Jean-Paul II (Claire Reggio), le discours pontifical sur l'écologie (Ludovic Bertina), les sciences sociales pour les Églises protestantes à propos du « mariage pour tous » (Gwendoline Malonge-Fer), une enquête sur les convictions religieuses de scientifiques chercheurs d'exoplanètes (Nora Demarchi), la sacralisation des âmes, de la vie et de la science en Éthiopie (Judith Hermann-Mesfen), le transhumanisme comme religion de l'« amélioration » (Nicolas Le Dévédec). Viennent ensuite une conclusion : « Remarques sur l'institution religieuse, les régimes de vérité et l'autonomie scientifique » (Yannick Fer) et une postface : « Science et religion, de la *modernité en puissance* à la *modernité en acte* » (Raphaël Lioger)… Cet inventaire montre l'ampleur du domaine considéré, ampleur amplifiée par la diversité des méthodes d'étude qui vont de l'enquête de terrain à l'histoire des représentations ou des idées. De cet éclatement, le lecteur tirera la conclusion que la question des

relations entre science et religion n'est pas, comme le présentent certains esprits laïcs, un combat entre deux entités distinctes, mais qu'il y a une intrication entre deux champs de la culture moderne. À nos yeux, ces contributions montrent que la notion d'une science se développant dans la pure lumière de la raison est insuffisante, car la science, quoiqu'il en paraisse dans l'enseignement, est portée par une visée qui garde des racines sacrales. Cette ouverture est cependant mise à mal dans l'ouvrage, aussi après avoir relevé trois études, nous soulignerons les limites de la méthode dans l'introduction et la conclusion.

L'étude de Laetitia Ogozolec-Guichard s'attache à l'essor de science au XVIIe siècle. Son analyse de l'œuvre de Robert Boyle montre bien que les « croyances religieuses » d'un « homme de science » ont servi « non seulement de *motivation* à l'activité scientifique, mais qu'elles ont, en outre, constitué, très concrètement, un appui dans la production même des connaissances » (p. 38). D'abord, Boyle n'a pas adopté une méthode scientifique censée être loin de toute religion ; au contraire ses convictions ont été une force de création de « l'homme de science » en qui se croisent les exigences du « croire » et de l'« expérimenter » ; ces pratiques sont suscitées par la même exigence de servir la vérité par la rigueur des procédures qui fondent la « philosophie expérimentale » (selon les termes de Boyle). Ensuite, l'exigence de vérification n'est pas limitée à la pratique de laboratoire ; elle est à la source de la valeur des échanges entre chercheurs qui partagent leurs résultats et thématisent leurs méthodes dans un climat de confiance qui participe de l'esprit qui fait la communauté chrétienne, en l'occurrence la mouvance chrétienne « piétiste et puritaine ». L'étude rend raison de l'optimisme des fondateurs de la science moderne fondée sur l'expérience, comme rapport transcendant à la vérité. Cet article sur un des fondateurs de la science moderne peu connu en France contribue à la valeur de l'ouvrage.

Une deuxième interrogation apparaît dans l'étude faite auprès des scientifiques travaillant dans un observatoire astronomique consacré à la recherche d'exoplanètes et donc de vie extraterrestre (Observatoire de Saint-Barthélémy), une quête où l'astronomie a toujours côtoyé le mystère de la création. L'enquête sociologique portait sur le lien entre les travaux des scientifiques habités par la confiance en l'existence d'autres planètes aptes à porter d'autres formes de vie ailleurs que sur la Terre et leurs convictions religieuses. Celles-ci recouvraient le champ des attitudes aujourd'hui présentes dans la société occidentale, allant de l'athéisme rigoureux à la pratique religieuse personnelle. L'étude relève que les scientifiques interrogés ne placent pas d'opposition entre science et foi comme telles, car tous les pensent autonomes, pour des raisons diverses. Outre le relevé idéologique de ces attitudes communes en Europe, il est très intéressant de voir apparaître dans l'analyse l'attention aux émotions (p. 167) et aussi le sens de la responsabilité présente à la conduite de leur travail et à la diffusion des conclusions, comme si l'astronome était resté dans la position d'un médiateur entre ciel et terre. Cette « étude de terrain » montre bien l'enjeu du questionnement qui habite l'ouvrage : qu'entend-on par « croyance » ?

En troisième lieu, la lecture des trois études consacrées au monde catholique révèle bien la permanence de la défiance entre science et religion. Dans les deux premières, les textes étudiés ont été choisis parmi les documents qui font autorité. Cette manière de voir conduit à voir dans l'enseignement du magistère un souci de maîtrise du savoir. Si cette approche correspond à une ecclésiologie qui, pour être la plus médiatisée, n'est pas la plus

juste et si elle est la plus simple compte tenu de la structure hiérarchique, elle n'est pas la plus pertinente, car le monde catholique est plus divers et contrasté que le dit cette étude. Par exemple, rien n'est dit du statut de l'Académie Pontificale des Sciences et les références à Georges Minois ne sauraient être considérées comme décisives en tout domaine. Le catholicisme est toujours vu comme « autorité autoritaire » ne faisant que concéder un espace de liberté au chercheur. La foi est considérée comme « croyance » au sens faible du terme, comme adhésion à ce qui reste incertain par nature, le domaine de l'opinion. La troisième étude accorde une place importante à Teilhard de Chardin ici considéré comme le théologien qui exprime le mieux le projet du mouvement transhumaniste porté par l'aspiration au salut. Cela conduit Nicolas Le Dévédec à reconnaître que la notion de sacré ne cesse d'habiter la technologie dont la science est matricielle et donne à penser qu'il faut renouer avec une anthropologie qui ne méconnaît pas les profondeurs de l'unité de la vie humaine. Ces perspectives ne sont pas étrangères aux deux autres études ; l'une est une enquête sur la société éthiopienne confrontée à un certain syncrétisme ; l'autre porte sur les églises protestantes prises dans les méandres du débat sur le « mariage » ; cette question les contraint à sortir du fondamentalisme et à avoir recours à une argumentation anthropologique qui recoupe le discours catholique fondé sur la loi naturelle.

L'introduction à cet ensemble se situe dans une perspective méthodologique qui relève l'évolution des méthodes et des visées de l'approche sociologique du « fait religieux » en retraçant l'histoire des idées en la matière. Elle commence par rappeler le statut ambigu de la sociologie des religions dans sa spécificité française. Pour en éviter les périls, Claude Dargent prend le temps de situer la sociologie dans sa genèse de discipline scientifique depuis Émile Durkheim ; il porte ensuite son attention sur les relations entre sociologie des religions et sociologie des sciences. Cette approche lui permet de bien voir comment l'une et l'autre sont « une construction sociale » (p. 9). Il ne s'agit pas d'une étude de la science ou de la religion comme telle, mais de leur production sociale — ce qui permet de « trouver la bonne distance vis-à-vis des institutions religieuses » (p. 10) et de parler de la « sécularisation » avec prudence, tant la vie religieuse se renouvelle et se manifeste « plus complexe que certains thèmes de la sécularisation annonçaient » (p. 15). Pour Claude Dargent, malgré le recul de la pratique religieuse en Europe, « le progrès scientifique fondé sur le triomphe de la raison est loin d'être venu à bout des croyances religieuses » (pp. 15-16) ; cela le conduit à remettre en cause le modèle qui voit la « sécularisation comme la contrepartie inéluctable du progrès scientifique et du triomphe de la raison » (p. 16). Sur ce point, l'introduction présente l'évolution de la sociologie de ces deux champs de la vie sociale et propose une autre voie pour remettre en cause la séparation drastique entre religion et science en s'inscrivant dans l'héritage de Durkheim qui voyait dans les grands récits religieux une expression de la logique qui fonde la démarche scientifique. Il entend respecter cet héritage en retraçant l'évolution de la « sociologie des sciences » en citant les auteurs qui ont marqué cette discipline et posé la question du rôle de la société dans « l'émergence des connaissances scientifiques » (p. 24). Dans cette évolution de la sociologie, il rencontre Bruno Latour et ses remises en question, au ton souvent provocateur, comme dans *Jubiler ou les tourments de la parole religieuse.* Claude Dargent y voit une excessive remise en cause de la valeur de la science, en y regrettant avec Nathalie Heinrich voir poindre « une nostalgie des mystères de la foi opposée à l'empire de la raison » (p. 28). Il revient à Pierre Bourdieu pour promouvoir des invariants anthropologiques (comme le

juste et le vrai) qui fondent la démarche qu'il entend pratiquer en sociologie pour comprendre comment « les sociétés produisent des vérités qu'il s'agisse — outre le droit — de la science ou de la religion » (p. 31). Cette longue introduction montre bien l'enjeu de la recherche conduite dans le livre, qui concerne fondamentalement la manière dont la sociologie prend en compte l'étude des relations entre science et religion. Le propos permet de voir les voies actuelles de la sociologie. Malheureusement, la conclusion reste prise dans des idées reçues. Yannick Fer reconnaît que la place importante accordée dans l'ouvrage à l'Église catholique permet de bien voir la permanence de son « refus ultime de l'autonomie scientifique » dans « la dynamique de confrontation et d'appropriation, voire d'instrumentalisation » (pp. 226-227). Il reste ainsi dans la position qui considère que la démarche religieuse ne relève pas de la quête de « la raison vraie » (p. 228) qui fonde la science moderne. Le croisement dont Boyle était le témoin et l'acteur n'était qu'une étape initiale ensuite dépassée Et pourtant ! Il ne peut éviter de constater que les avancées de la science et de la technologie ouvrent des « horizons vertigineux » (p. 230) qui débouchent sur des interrogations sur le « surnaturel » (p. 231.) ; c'est pour lui le risque de faire de la science un objet de croyance. Cette conclusion montre bien que l'étude des rapports entre science et religion reste encore prisonnière du rationalisme. Plus ouverte, la postface de Raphaël Lioger est une réflexion critique sur la notion de modernité située dans l'histoire de la philosophie. Il note avec prudence que l'idéal de la raison mis en œuvre ne peut saisir toute la réalité. Il invite donc à un respect de la diversité où les croyances personnelles peuvent trouver place.

Jean-Michel Maldamé
Couvent des Dominicains (Toulouse)

Physique

Chardin (Gabriel), *L'insoutenable gravité de l'univers*. – Paris : Le Pommier, 2018. – 464 p. – 1 vol. broché de 13.5 × 20 cm. – 25.00 €. – isbn 978-2-746-51083-8.

Après *Peut-on voyager dans le temps ?* (2002), *L'Antimatière : la matière qui remonte le temps* (2006), *Qu'est-ce que la flèche du temps ?* (2007), tous trois aux éditions Le Pommier et *L'Antimatière : un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir* (en 1996 déjà), chez Flammarion, voici un nouvel ouvrage de Gabriel Chardin, physicien français, actuellement président du Comité des très grands équipements scientifiques et des grandes infrastructures. Il a contribué notamment à l'expérience EDELWEISS (Expérience pour Détecter Les WIMPs En Site Souterrain) visant à tester l'hypothèse suivant laquelle les Wimps (*Weakly Interacting Massive Particles*) constitueraient la matière noire.

Il a fait l'hypothèse que l'antimatière serait dotée d'une masse négative : ce qui en ferait de la matière exotique, donnant une piste vers l'antigravité. Suivant cette hypothèse, on aurait une explication à l'expansion de l'univers et par là, sans violer la seconde loi de la thermodynamique, une ouverture à la possible inversion de la « flèche du temps » pour l'antimatière. Dans le présent volume, il propose, sans développer les équations, un nouveau modèle d'Univers, en utilisant surtout des analogies pour rendre le sujet accessible

aux non-physiciens. Comme on peut le prévoir, après avoir pris connaissance de ses précédents écrits, il donne un rôle de premier plan à l'antimatière, cette jumelle de la matière dont on a presque perdu la trace très tôt après le Big Bang.

Un modèle de l'Univers embrasse obligatoirement l'ensemble des lois de la physique et cet ouvrage en est une superbe présentation. La résolution de cette énigme (« l'insoutenable gravité ») est toutefois toujours en chantier. Ce n'est pas un livre de vulgarisation et les physiciens qui travaillent sur le sujet y trouveront des pistes à explorer. Un lecteur non spécialiste pourra sentir l'utilité des quelques fonctions mathématiques avancées (la divergence, le rotationnel, par exemple) en s'appuyant sur les analogies graphiques.

L'exploration de la gravitation est un sujet qui a préoccupé les savants depuis l'Antiquité. Ainsi, dans le premier chapitre, l'auteur nous ramène à la progression des réflexions d'Ératosthène, d'Aristote, de Ptolémée, de Copernic, de Kepler, de Galilée et finalement de Newton pour nous amener au bouleversement initié par Einstein.

Dans le deuxième (le chapitre le plus long de l'ouvrage), il s'intéresse aux « relativités » (restreinte et générale) d'Einstein et aux travaux de Friedmann, Lemaître, Eddington, Hubble, et décrit les premières vérifications expérimentales des effets relativistes : expérience de Michelson et Morley, vitesse limite accessible, décalage du périhélie de Mercure, pour ne citer que les plus connues.

Les trous noirs (ces étoiles qui piègent leur propre lumière) sont étudiés au chapitre 3. Cardin aborde leur étude par la description des tentatives expérimentales nécessitant la contribution de grands télescopes installés en divers endroits du globe et la complète par des allusions au film fantastique *Interstellar* (Christopher Nolan, 2014). Les trous de ver et les machines à voyager dans le temps (comme celles qui auraient été créées par des civilisations avancées comme le suggère Carl Sagan dans son ouvrage de fiction Contact) font l'objet du chapitre 4. La découverte des ondes gravitationnelles (ces rides sur l'espace-temps), proposée d'abord par Joseph Weber et son équipe de Maryland utilisant des dispositifs très sensibles installés sur terre (résultats longtemps contestés), puis, de manière indirecte, par Joseph Taylor et Russel Hulse comme conséquence de l'identification d'une anomalie dans la fréquence d'émission d'un pulsar émettant des ondes radio (dont la période était influencée par sa rotation autour d'un compagnon de masse voisine, mais non émetteur), occupe le chapitre 5. Notons que le Comité Nobel, qui a attribué le prix de 1993 à Taylor et Hulse, a été très prudent dans la justification de l'attribution du prix en indiquant qu'il concernait « la découverte d'un pulsar de type nouveau et les nouvelles voies ouvertes pour l'étude de la relativité générale ». Le Comité Nobel de 1993 n'a pas eu à regretter cette décision, puisque les résultats de la collaboration LIGO-VIGO ont conduit à l'attribution du prix Nobel de 2017 à Reiner Weiss, Kip Torne et Barry Barish, « pour leurs contributions décisives à l'observation des ondes gravitationnelles ».

Avec le cinquième chapitre, on a ainsi parcouru la moitié de l'ouvrage : très exactement puisqu'il se termine page 232.

La suite est d'une complexité plus importante : « Gravité et information » : rappels des principes de la thermodynamique (un bijou de subtilité pour les puristes, mais la source de mauvais souvenirs pour nombre d'étudiants) pour montrer l'analogie avec les prin-

cipes de la mécanique des trous noirs afin d'interpréter la gravitation comme une force de nature statistique (chap. 6) ; « Théories des cordes » et dimensions cachées : un espoir pour concilier la mécanique quantique et la théorie quantique de la gravitation (chap. 7) ; « Gravité et espace-temps discret » (un prolongement, dans ce chapitre 8, des concepts abordés au chapitre 6) ; « Le principe de Mach » ou comment interpréter la « réalité » des forces « fictives » et en particulier considérer la masse inertielle comme un effet de réaction gravitationnelle (chap. 9) ; « L'univers de Dirac-Milne » : une dénomination inventée par Chardin à l'occasion de la direction d'un sujet de recherche entrepris avec un de ses étudiants Aurélien Benoit-Lévy (en 2006) : une démarche qui utilise les propositions de Dirac, mais en y modifiant celles de Milne sur la disparition de l'antimatière, une approche nouvelle qui rencontre les propres attentes de Chardin sur la conception de l'antimatière, et en particulier la façon de « peser l'antimatière » pour vérifier si sa masse est bien négative (chap. 10).

À la fin de chaque chapitre, on trouve une rubrique « Ce qu'il faut retenir », des pistes « Pour aller plus loin » et une liste de références chapitre par chapitre. Pour les lecteurs non avertis, on aurait souhaité l'ajout d'un glossaire.

Merci à l'auteur pour cette belle présentation d'un domaine de la physique d'aujourd'hui, un sujet qui attire de nombreux physiciens en herbe. La discussion, en séminaire, d'un des cinq premiers chapitres pourrait aussi entrer dans la formation du volet scientifique dans le cursus des étudiants en philosophie.

Guy Demortier
Université de Namur

Misner (Charles W.) - Thorne (Kip S.) - Wheeler (John Archibald), *Gravitation* / with a new foreword by David I. Kaiser and a new preface by Charles W. Misner and Kip S. Thorne. – Princeton ; Oxford : Princeton University Press, 2017. – lii, 1279 p. – 1 vol. relié de 21 × 26 cm. – $60.00. – isbn 978-0-691-17779-3.

On trouve ce livre dans toutes les bibliothèques de physique de la planète et qui est déjà entré dans l'une d'elles doit forcément l'y avoir aperçu : soit rangé sur une étagère où son dos noir, épais de plus de six centimètres et presque entièrement occupé par le seul mot « gravitation » inscrit en grandes lettres capitales blanches, aura inévitablement attiré son attention ; soit posé sur une table de lecture où cette grosse pomme et la loupe censée permettre d'observer les trajectoires d'invisibles insectes se déplaçant à sa surface, toutes deux également tracées en blanc sur sa couverture de ce même noir brillant, lui auront immanquablement fait penser à Newton mais aussi astucieusement indiqué quel regard ses auteurs entendent inviter ses lecteurs à substituer à celui que portait le fondateur de la science moderne sur le phénomène de la gravitation. Et le curieux qui l'aura ouvert n'aura pu que se trouver impressionné : par l'ampleur et le détail de l'exposé qui y est offert et court sur plus de 1200 pages ; par la remarquable lisibilité qu'y confère aux innombrables formules l'usage de multiples ressources typographiques différentes ; par le soin apporté à la centaine de figures qui en émaillent le texte ; et par l'utilisation qui y est faite de ses larges marges pour résumer en quelques mots le contenu de chaque paragraphe ; mais aussi par

sa structure pour le moins inhabituelle destinée à laisser le choix entre une piste (*track*) de lecture approfondie et continue et une piste introductive et limitée aux seules pages au coin supérieur droit grisé, éventuellement ponctuée d'une lecture extrêmement stimulante de quelques-uns de ses cent-cinquante encadrés ; par le ton délibérément peu académique des auteurs ; et enfin — et surtout — par l'approche extrêmement originale qu'ils y proposent de la théorie de la relativité générale ; ce qui dut encore plus surprendre ses premiers lecteurs.

Car — on l'aura compris — c'est évidemment de cette remarquable théorie proposée par Albert Einstein en 1915 qu'il s'agit dans ce livre ; lequel — nous ne l'avons pas encore précisé — date de 1973, c'est-à-dire d'une époque où n'existait encore d'autre manuel spécifiquement destiné à son enseignement que le *Cosmology and gravitation* de Weinberg, paru un an plus tôt et dont il s'imposa progressivement comme le complément parfait au sein de toutes les universités. D'emblée, John Archibald Wheeler, l'instigateur du projet pédagogique original qui allait aboutir à cet énorme volume, choisit en effet d'apprendre aux étudiants à donner à l'équation d'Einstein, clef de voûte de cette théorie, un sens différent de celui qu'il les savaient spontanément portés à lui attribuer, et à y voir une explicitation du rôle joué par l'espace-temps plutôt qu'une formulation de celui tenu par un quelconque « champ gravitationnel ». Il s'agissait, en d'autres termes, de proposer de cette théorie physique révolutionnaire une approche essentiellement géométrique et donc de parvenir à convaincre que

> « [...] whatever aspect of gravity, and however one measures it, one is studying the geometry of spacetime » (p. 400).

Ce choix pour le moins audacieux nécessitait le recours à des notions de géométrie différentielle alors encore mal connues des physiciens mais s'avéra finalement payant, puisque l'usage de ce manuel se généralisa peu à peu, imposant du même coup comme une évidence à des générations entières de chercheurs l'idée d'un rôle dynamique de l'espace-temps ; ce qui installa chez eux l'habitude de tenir cette entité pour aussi réelle que les corps et la lumière dont elle détermine les mouvements et les conduisit à explorer sérieusement ces nouvelles voies de recherche qu'osait alors indiquer ce livre et qui sont aujourd'hui parmi les plus courues en astrophysique et en cosmologie : celles qui concernent par exemple les ondes gravitationnelles, les trous noirs et les singularités, au premier rang desquelles celle dont notre univers aurait émergé.

Ce rôle historique aurait suffi à justifier cette réédition à l'identique de ce *Big black book*. Trop de manuels continuent en effet à paraître aujourd'hui, qui n'ont eu ce destin exceptionnel qui fut le sien de déterminer le cours de la science qu'ils étaient a priori seulement destinés à faire connaître, pour qu'un tel ouvrage demeure plus longtemps indisponible. Mais d'autres raisons peuvent être invoquées. À commencer par le fait que c'est une bien belle façon de fêter le centenaire du moment-charnière de l'histoire de la relativité générale qui n'était encore qu'une brillante spéculation en 1917 mais qui recevrait deux ans plus tard sa première confirmation expérimentale lors de la mesure par Eddington de la déflexion de la lumière passant à proximité du soleil. Par ailleurs, les Presses de l'Université de Princeton ne pouvaient célébrer de meilleure façon l'attribution du prix Nobel de physique 2017 à l'un de ses trois auteurs : Kip Thorne, à l'origine du projet LIGO dont

le dispositif permit en 2015 de confirmer l'existence de ces vibrations de l'espace-temps que sont les ondes gravitationnelles. Mais la meilleure raison que l'on puisse fournir du bien-fondé de cette réédition est assurément que ce manuel atypique demeure malgré son ancienneté l'un des moyens les plus agréables et les plus sûrs de découvrir et d'étudier la relativité générale — d'autant que Kip Thorne et Charles Misner, l'autre survivant de cette grande aventure intellectuelle, ont eu l'excellente idée d'introduire à cette nouvelle édition en indiquant ce qui, dans chacun de ses chapitres, mérite encore d'y être étudié, ce par quoi il conviendrait d'en compléter ou d'en corriger le contenu et ce qui n'y a plus au contraire qu'une valeur historique.

Un dernier détail mérite d'être mentionné : comme l'éditeur original, les Presses de l'Université de Princeton ont accédé à la demande des auteurs de proposer leur livre à un tarif abordable, si bien que cet indémodable chef d'œuvre de physique et de pédagogie est vendu au prix d'une cinquantaine d'euros — une somme, certes importante, mais presque dérisoire au regard des tarifs désormais pratiqués dans les librairies pour les ouvrages de grandes dimensions, imprimés sur papier de qualité et présentés sous couverture rigide comme c'est le cas de celui-ci. Un rapport qualité/prix presque imbattable donc, qui devrait permettre à beaucoup de physiciens d'enfin posséder leur propre exemplaire de cette véritable « bible » et aux bibliothécaires du monde entier de remplacer les usagés qu'on ne cesse de leur emprunter depuis des décennies.

Bertrand Hespel
Université de Namur

Léon (Jacques), *À la recherche de l'espace et du temps perdus*. – Paris : Ellipses poche, 2017. – 270 p. – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 9.00 €. – isbn 978-2-340-01753-5.

En page 707 du numéro 187(4) de la *Revue des Questions Scientifiques*, je vous signalais, à l'occasion de l'analyse d'un autre livre de Jacques Léon intitulé *La construction de la matière : le modèle standard*, la parution d'un ouvrage *À la recherche de l'espace et du temps perdus*, sorti en 2006 déjà. En voici une nouvelle présentation au format poche et donc à prix modique. Il semble qu'aucune modification n'a été apportée dans cette nouvelle édition qui comporte exactement le même nombre de pages et, en fin d'ouvrage, aucune référence bibliographique postérieure à 2005.

Après une présentation (chap. 1) des notions d'espace et de temps dans la physique classique suivant les préceptes de Newton (« Toutes les choses sont placées dans le temps comme un ordre de succession et, dans l'espace, comme un ordre de situation »), l'auteur commente ces deux notions dans leurs aspects relatifs pour aboutir, avec Einstein, à la notion d'espace-temps et à l'affirmation de l'invariance de la vitesse de la lumière dans les systèmes galiléens (chap. 2). Cette limitation de la vitesse maximale d'un objet massif à la vitesse de la lumière dans le vide conduit alors à une révision des concepts classiques de l'inertie et impose une relation masse et énergie.

Utilisant l'exemple traditionnel de la physique dans les ascenseurs, il nous fait entrer alors dans la conception de la gravité comme résultant de la courbure de l'espace-temps. Il travaille d'abord sur une sphère, puis sur des formes plus compliquées pour évoquer le

mouvement de la lumière autour d'une étoile très massive et finalement près d'un trou noir (chap. 3).

Viennent alors les réflexions sur « un espace et un temps en grumeaux » pour tenter de concilier le monde macroscopique avec le monde microscopique (chap. 4). Il nous introduit ici à la notion de masse dans l'esprit de Brout-Englert-Higgs, mais sans allusion à l'identification expérimentale du boson de Higgs en juillet 2012 : ce qui nous a conduit à penser que l'édition de l'ouvrage de 2006 n'a pas été remaniée pour ce format de poche.

Le cinquième et dernier chapitre débute par une citation de Georges Lemaître tirée de l'article *L'expansion de l'espace* paru en 1931 dans le volume 20 de la *Revue des Questions Scientifiques* (voir la reproduction dans le numéro 183(4) de 2012) : « L'évolution du monde peut être comparée à un feu d'artifice qui vient de se terminer. Quelques mèches rouges, cendres et fumées. Debout sur une escarbille mieux refroidie, nous voyons s'éteindre doucement les soleils et cherchons à reconstituer l'éclat disparu de la formation des mondes ». Léon y décrit rapidement la structure de l'univers en utilisant les données connues et les espoirs nés des recherches en astrophysique et physique des particules d'avant 2006.

Très peu de formules, mais de nombreux schémas et figures (une centaine), sur des feuillets à deux dimensions bien sûr alors qu'il en faudrait parfois quatre, telle est la technique de l'auteur pour tenter de faire passer son message.

À ceux qui n'ont pas lu la version de 2006, voici l'occasion de consacrer 9 € pour obtenir celle-ci.

Guy Demortier
Université de Namur

Zee (Anthony), *Vertigineuses symétries : la recherche de la beauté en physique contemporaine* / traduction de Michel Le Bellac ; préface de Roger Penrose. – Les Ulis : EDP Sciences, 2018. – xxiv, 363 p. – (Une introduction à ...). – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 34,00 €. – isbn 978-2-7598-2125-9.

Ce livre, qui est une version actualisée d'un ouvrage paru en anglais en 1986, puis en 1999, permet de découvrir de manière agréable et progressive le rôle essentiel joué par la notion de symétrie en physique. Cette notion est introduite pédagogiquement et explicitée dans les domaines importants de la physique (surtout ceux qui ont trait à la physique des interactions fondamentales). Le rôle des brisures de symétrie est aussi mis en évidence. C'est probablement ce couple « symétrie-asymétrie » qui contribue à cette beauté de la nature mise en évidence par les physiciens contemporains. Le livre, dont la traduction est excellente et dont l'auteur, professeur à l'Université de Californie, est un spécialiste renommé en physique des particules élémentaires est parsemé d'illustrations amusantes et de schémas pédagogiques qui facilitent la compréhension.

L'ouvrage comporte des questions philosophiques intéressantes : la symétrie est-elle une nécessité ? Les symétries détectées sont-elles les seules possibles ? La symétrie est-elle une loi de la nature ou une contrainte imposée par la structure de l'entendement humain

(liée aux nécessité évolutives) ? En traitant ces questions, l'auteur fait référence à un « Créateur ». L'auteur, qui défend une position tout à fait non finaliste et réductionniste au niveau du monde biologique (il se dit proche de Richards Dawkins), soutient par ailleurs une position « déiste » (« l'Univers est créé par une certaine tout-englobante "Présence" », p. 307) et l'existence d'un « dessein » au niveau de l'Univers physique. Il s'oppose par ailleurs à un « théisme » qui concevrait un Dieu attentif aux humains. On pourrait se demander ici s'il est vraiment rationnellement possible de soutenir ce genre de position, mais on peut aussi se demander si une réflexion épistémologique n'aurait pas été nécessaire pour préciser le statut des concepts de « Créateur » et d'« Architecte Ultime », ainsi que leur lien avec les concepts physiques, afin d'éviter le problème récurrent d'un concordisme naïf (pour ne donner qu'un exemple : que signifie le terme de créateur et de création ? Ces termes, qui relèvent de la métaphysique, demandent une explicitation et, en toute rigueur, ne peuvent d'emblée être superposés sans articulation au langage scientifique (sinon nous sommes dans le domaine des opinions). Cette critique n'enlève rien au charme de ce livre et à son intérêt pour découvrir, avec un « guide merveilleux » comme le dit Roger Penrose dans sa préface (p. VII), comment la physique des interactions fondamentales peut être un véritable chemin de découverte esthétique.

DOMINIQUE LAMBERT
Université de Namur

PETRINI (Michela) - PRADISI (Gianfranco) - ZAFFARONI (Alberto), *A Guide to Mathematical Methods for Physicists : with Problems and Solutions*. – London : World Scientific, 2018. – 328 p. – (Essential Textbooks in Physics). – 1 vol. broché de 15 x 23 cm. – 40,00 £. – ISBN 978-1-78634-344-4.

Les physiciens emploient sans cesse des mathématiques, ... mais souvent très mal ! La raison en est qu'ils ont souvent des idées floues sur les concepts qu'ils utilisent, en particulier dans le cadre d'un espace hilbertien de dimension infinie, le cadre naturel de la mécanique quantique. C'est pourquoi ce nouvel ouvrage est le bienvenu. Il parcourt de façon à la fois pédagogique et rigoureuse la plupart des notions utilisées en physique quantique.

Le volume comporte deux parties, analyse complexe d'une part, et espaces fonctionnels, d'autre part. Et bien sûr, l'ensemble est issu de cours donnés par les auteurs, à Paris VI, Milan-Bicocca et Rome Tor Vergata, respectivement. Outre l'exposé systématique de la théorie, on trouve aussi un grand nombre de problèmes, certains faciles, d'autres plus compliqués, mais tous sont résolus explicitement dans un appendice.

La première partie contient tous les éléments essentiels de l'analyse complexe : fonctions holomorphes et analytiques, intégration complexe, séries de Taylor et de Laurent, résidus et théorèmes de Cauchy. La deuxième partie débute à un niveau élémentaire, soit les espaces vectoriels de dimension finie. Viennent ensuite les espaces de fonctions (surtout L^1 et L^2), puis de distributions. On a ici une excellente introduction à celles-ci, que l'on trouve rarement de façon correcte dans un cours pour physiciens. Vient alors un chapitre sur l'analyse de Fourier, discrète et continue. L'on termine enfin par deux chapitres sur les opérateurs dans un espace de Hilbert, de dimension finie d'abord, puis de dimension infi-

nie. Dans ce dernier cas, signalons la formulation rigoureuse, inhabituelle à ce niveau, du théorème spectral de Gel'fand-Maurin en termes de valeurs propres généralisées (chères à Dirac !). Ici aussi il y a une belle collection de problèmes.

Cet ouvrage est destiné aux étudiants, physiciens ou ingénieurs, du niveau de deuxième ou troisième bachelier. Il se distingue de la plupart de ses concurrents par la rigueur sans compromis du traitement mathématique, orienté davantage vers la compréhension et les applications, plutôt que sur le développement de la théorie elle-même. Ainsi les démonstrations un peu techniques sont omises, voire renvoyées dans les problèmes. À noter que les mêmes auteurs ont aussi publié un ouvrage similaire, plus avancé, destiné aux étudiants de Master. Ayant moi-même enseigné longuement un cours identique à Louvain, je ne peux que me féliciter de trouver un ouvrage de cette qualité, et donc de le recommander sans réserve.

Jean-Pierre Antoine
Université catholique de Louvain

Biologie

Morange (Michel), *Une histoire de la biologie*. – Paris : Éditions du Seuil, 2016. – 429 p. – (Points. Sciences ; S220). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 10,80 €. – isbn 978-2-7578-2917-2.

Écrit par Michel Morange, biologiste, professeur à l'Université Pierre-et-Marie-Curie et à l'École normale supérieure de Paris, cet ouvrage constitue une référence fondamentale pour toute personne s'intéressant à l'histoire de la biologie. Sa richesse provient non seulement de la qualité et de la précision de ses contenus historiques, mais aussi de son regard épistémologique et d'une mise en perspective passionnante qui permet de saisir, aujourd'hui, ce que les biologistes doivent à leur histoire. Chaque chapitre se termine, en effet, par une rubrique intitulée « Et pour nous aujourd'hui ? » qui tisse des liens inattendus entre la biologie actuelle et son passé.

Le livre scrute d'abord l'origine de cette discipline dans l'Antiquité grecque et romaine en montrant comment cette période contribue à dégager des concepts faisant encore débat aujourd'hui : déterminisme, finalisme, etc. Après une esquisse rapide des contributions médiévales et de la science arabo-musulmane, Michel Morange analyse les progrès réalisés durant la Renaissance (XVIe siècle), soulignant le rôle des dissections et la place de l'alchimie. L'âge classique (XVIIe siècle) vient ensuite avec, entre autres, ses modèles mécaniques du vivant et le rôle joué par la découverte du microscope. Puis un chapitre est dédié à la période des Lumières (XVIIIe siècle) avec ses préoccupations de classification et la présence du vitalisme. Deux chapitres sont consacrés au XIXe siècle : l'un traite de l'embryologie, de la biologie cellulaire et de la physiologie ; l'autre de la théorie de l'évolution, de la théorie de l'hérédité et de l'écologie. Ce chapitre intéressera tous ceux qui veulent retracer l'histoire de la théorie darwinienne et son impact sur les rapports entre science et religion. Deux chapitres sont également consacrés au XXe siècle. Le premier s'intéresse à la biologie fonctionnelle et à la naissance de la biologie moléculaire, le second à la théorie de l'évolution,

à l'écologie et à l'éthologie. Le lecteur philosophe découvrira au passage d'intéressantes réflexions sur l'influence du marxisme et sur l'essor des perspectives holistes et émergentistes. Le livre se termine par l'histoire récente avec ses nouvelles disciplines (comme les neurosciences), mais aussi avec sa nouvelle vision du vivant manifestant à la fois une unité et une diversité, une véritable complexité du vivant.

Comme tous les livres du Professeur Morange, *Une histoire de la biologie* est un ouvrage admirablement écrit, passionnant, tant du point de vue de l'histoire que de la philosophie des sciences. Nous ne pouvons que recommander cet ouvrage à toute personne s'intéressant aux sciences du vivant.

Dominique Lambert
Université de Namur

Josso (Nathalie), *Le sexe des anges : une histoire d'hormones* / illustrations Martine Netter. – Les Ulis : EDP Sciences, 2017. – vii, 132 p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 20,00 €. – isbn 978-2-7598-2080-1.

Ce livre constitue une excellente description de la démarche expérimentale menée par une chercheuse en physiologie et qui a abouti à la caractérisation de l'hormone Anti-Müllérienne (AMH) : sa purification et son rôle physiologique.

Cette hormone, inconnue il y a une cinquantaine d'années, intervient pour l'élimination de l'utérus du fœtus mâle et contribue ainsi à la différenciation sexuelle masculine.

On a cru tout d'abord que l'absence d'un gène (SRY) porté par le chromosome Y suffisait pour que l'ovaire se développe. Ce gène n'existe que chez les mammifères. Il est faiblement exprimé et sujet à de fréquentes mutations. Il agit en activant un réseau de gènes masculinisant, antagoniste d'un système concurrent qui favorise le développement de l'ovaire. La lutte entre ces deux rivaux continue après la naissance. Le sexe des glandes génitales conditionne celui de l'appareil génital. L'appareil génital interne se compose à l'origine de deux paires de canaux, quel que soit le sexe génétique. Une des paires, les canaux de Müller sont la cible de l'AMH qui est produite par le testicule.

À partir de 1971, Nathalie Josso s'est intéressée à la nature de l'AMH : était-ce bien une hormone vu son action essentiellement locale et quelle en était la nature ? Ses premiers résultats expérimentaux montrent que l'hormone est produite par les tubes séminifères du testicule, mais s'agit-il des cellules germinales ou des cellules de Sertoli ? Elle parvient à éliminer par irradiation les cellules germinales et prouve que ce sont les cellules de Sertoli qui produisent l'hormone, sans doute une protéine.

Il fallait ensuite l'isoler, la purifier. Cette étape impliqua beaucoup de tentatives expérimentales utilisant le milieu d'incubation de testicule bovin fœtal, sa filtration et le fractionnement de son contenu protéique sur gel fait de billes de Sephadex. Celles-ci comportent des pores qui ne laissent entrer que les protéines de taille plus petite. Le marquage radioactif des glycoprotéines, qui possèdent des chaines latérales glucidiques leur interdisant l'accès à ces pores, permit d'identifier une protéine radioactive unique qui devait être l'AMH, mais qui restait noyée dans une masse de contaminants. La purification de celle-ci

par immunoaffinité demanda l'obtention d'un anticorps spécifique de l'AMH. Ce fut une nouvelle aventure expérimentale qui aboutit en 1984 à la purification d'AMH bovine de structure similaire à l'AMH humaine.

Cette hormone se retrouve aussi, paradoxalement, dans l'ovaire, mais, au contraire du testicule, celui-ci ne commence à la produire qu'en fin de gestation au moment où les canaux de Müller ont disparu, transformés en utérus et trompes qui ont perdu toute sensibilité à l'AMH.

Comme l'écrit l'auteur, la recherche exige des nerfs solides et mène parfois au découragement, au désespoir, mais la joie de la découverte n'est comparable à aucune autre. Par ailleurs, une connaissance correcte de l'action de l'AMH a permis de mieux comprendre et de mieux accompagner des situations où, par exemple, à côté d'une virilisation normale, existent un utérus et des trompes de Fallope. Cela s'explique par le fait qu'il n'y a pas forcément coïncidence entre virilisation et régression des dérivés müllériens. Une enquête ayant pour but de comparer les éléments d'identité sexuelle considérés comme les plus importants dans les différentes régions du monde révèle des différences très marquées entre les pays de culture occidentale et les autres. Pour ces derniers, le caryotype et la fertilité sont des éléments fondamentaux, alors que l'occident attache plus d'importance aux possibilités de reconstruction chirurgicale des organes génitaux et à la production hormonale des gonades.

Pierre Devos
Université de Namur

Sciences du vivant

Benasayag (Miguel), *La singularité du vivant* / préface de Jean-Michel Besnier ; prolongement de Giuseppe Longo. – Paris : Éditions Le Pommier, 2017. – 181 p. – (Manifeste). – 1 vol. broché de 13,5 × 20 cm. – 17,00 €. – isbn 978-2-7465-1092-0.

Ne vous y trompez pas : *La singularité du vivant* de Miguel Benasayag — philosophe, psychanalyste et chercheur en épistémologie — n'est ni un livre de vulgarisation scientifique ni un ouvrage philosophique, bien qu'il présente quelques caractéristiques de chacune de ces catégories. Il s'agit bien d'un manifeste, comme l'annonce la collection dans laquelle il est publié, et cet aspect, très présent, dessert généralement l'ensemble de l'ouvrage. Les prises de position de l'auteur sont parfois si virulentes qu'elles en sont déconcertantes et l'on comprend mal la nécessité d'une telle critique. Cette dernière est, la plupart du temps, dirigée contre les mouvements post- et transhumanistes, mais elle déborde parfois sur les pratiques générales des sciences contemporaines, pratiques qu'il est difficile de considérer comme unifiées. Ceci étant dit, penchons-nous sur l'ouvrage en lui-même.

À l'encontre du projet qu'il attribue aux domaines du digital et de la biologie moléculaire de se passer du corps vivant et de la vie elle-même en réduisant, modélisant et expliquant, voire en remplaçant chacun de ces mécanismes par des équivalents inertes, Miguel Benasayag défend une singularité irréductible du vivant. Cela sans pour autant aborder le

concept d'émergence en un quelconque endroit, ce qui constitue une lacune particulièrement dommageable puisqu'elle empêche de saisir sa position exacte au sein du large spectre de l'anti-réductionnisme.

Après une introduction reprenant quelques concepts et explications historiques, ce livre entre dans le vif du sujet avec un chapitre où l'auteur se propose d'identifier la différence radicale entre un organisme et un artefact, et ce « par-delà mécanicisme et vitalisme » (p. 29). En quelques mots, la volonté de se placer au-delà de ces deux positions nait du constat de leur ambition commune de chercher une origine à la vie — au niveau inerte et mécanique pour l'une, au-delà du physique pour l'autre — alors qu'il n'y a, selon l'auteur, aucune origine à chercher. Voici en résumé sa thèse à ce sujet : les êtres vivants ne possèdent pas la vie, ils y participent ; il n'y a rien à chercher au-delà des phénomènes que sont tous les êtres vivants.

Les autres chapitres de ce livre consistent en une présentation et une défense du système appelé *Mamotreto* — terme espagnol assez vague, pouvant se traduire par *salmigondis* —, grâce auquel Benasayag tente de nous faire comprendre son intuition. Selon lui, il existe un champ organique auquel participent tous les êtres vivants — chacun d'eux étant d'ailleurs considéré comme un pli dans ce champ. Ce champ est limité — et non borné — au niveau inférieur par la dimension physico-chimique et au niveau supérieur par le domaine des « mixtes » (p. 82), des macro-organismes (langue, culture, technique, mathématiques, ...) qui présentent un fonctionnement organique, c'est-à-dire qui sont influencés par les organismes, mais ne peuvent s'auto-produire (autopoïèse). Les relations et les échanges entre ces différents niveaux de ce système s'avèrent assez complexes et la prose de l'auteur, parfois nébuleuse, n'aide pas réellement à sa compréhension générale.

Ce champ biologique, dont ne feront jamais partie tous les robots et autres artéfacts que les transhumanistes souhaiteraient voir remplacer nos corps, a la particularité d'être premier par rapport aux deux autres niveaux et les êtres vivants ont celle de déterminer — de découper, donc de faire exister — le reste du monde. C'est en effet l'une des autres thèses fortes défendues pas Benasayag : le monde existe en co-évolution et en co-production avec les êtres vivants. Tout ce qui existe, des agrégats aux mixtes, n'existe sous sa forme particulière que par frottement avec un pli du champ biologique, avec un être vivant. Il ne s'agit pas d'un subjectivisme extrême : les êtres vivants ne donnent pas l'existence au monde, mais l'existence particulière d'un phénomène n'est possible que par frottement avec ceux-ci.

Comme on l'aura deviné, Benasayag s'aventure assez régulièrement dans la phénoménologie ce qui, s'agissant d'un questionnement portant sur la vie, n'est assurément pas une mauvaise idée, mais qui alourdit son propos et le rend plus difficilement appréhendable. Ce passage vers la phénoménologie engendre de surcroit un sentiment qui ne cesse de s'amplifier au fil de la lecture, à savoir que l'auteur, qui se dit pourtant à la recherche de la singularité du vivant, semble plutôt se satisfaire de décrire la singularité de l'humain. Il est en effet régulièrement question d'intentionnalité qui ferait exister les phénomènes sous leur mode particulier et la possibilité d'envisager une intentionnalité générale partagée par tous les êtres vivants n'est jamais clairement expliquée. Cela implique qu'il est malheureusement très difficile de résister à la tentation de qualifier d'anthropocentrique la posture de l'auteur.

En conclusion, nous dirions que des thèses aussi fortes et complexes sur la singularité du vivant que semblent être celles de Miguel Benasayag mériteraient un développement beaucoup plus poussé que ne le permet le format de ce petit livre (181 pages). Développement d'autant plus nécessaire que l'on perçoit dans cet ouvrage diverses intuitions qui paraissent effectivement susceptibles de mener à des hypothèses audacieuses à même d'éclairer d'un jour nouveau cette question multiséculaire de la vie.

Astrid Modera
Université de Namur

Sciences de la Terre

L'océan à découvert / sous la direction de Agathe Euzen, Françoise Gaill, Denis Lacroix, Philippe Cury. – Paris : C.N.R.S. éditions, 2017. – 321 p. – (À découvert). – 1 vol. broché de 19 × 26 cm. – 39,00 €. – isbn 978-2-271-11652-9.

Extraordinaire cet ouvrage qui par son approche holistique et systémique a l'audace de faire le point sur tous les aspects de l'océan et cela en deux pages succinctes remarquablement synthétiques et adéquatement illustrées pour chaque sujet abordé. Ce défi, ce challenge n'a pu parfaitement réussir que grâce à un large comité éditorial pluridisciplinaire de 27 spécialistes appartenant aux diverses institutions de recherches concernées (Ifremer, C.N.R.S., I.R.D., M.N.H.N. et universités) et rédigeant sous le comité de pilotage de 5 chercheurs renommés (les auteurs) qui ont veillé à la standardisation et à la synthèse adéquate des documents.

Les 8 grandes parties, chacune comprenant une quinzaine de sujets précis, actualisés et vulgarisés, permettent à tout lecteur de se recycler et d'être au fait de la problématique environnementale actuelle de ce chef d'orchestre de la biosphère, l'océan, milieu essentiel pour l'humanité qui pourtant le maltraite allègrement, mais qui vient aussi pour la première fois de l'intégrer explicitement dans les nouveaux objectifs du développement durable (ODD 14) pour 2030.

La partie 1, « l'Océan quels enjeux », comprend 14 sujets précis dont « la planète bleue » caractérisée par son ballet des courants et son gigantesque tapis roulant, malheureusement non schématisé, et par son effet tampon du déséquilibre anthropique en absorbant annuellement le tiers des 10 gigatonnes de CO_2 rejetées dans l'atmosphère et en absorbant 90 % du réchauffement climatique. Les enjeux pour la biodiversité (34 des 36 phylums décrits), la santé humaine (source de composés biactifs contre pathogènes), la pêche et l'aquaculture (source de protéines, d'acides gras polyinsaturés, de micronutriments), les ressources génétiques (accroissement exponentiel de dépôts de brevets associés à des molécules de divers organismes), minéralogiques (nodules polymétalliques, encroûtements fer-manganèse et sulfures hydrothermaux) et énergétiques (exploitations pétrolières, énergie renouvelable : parcs éoliens, marée motrice) sont multiples et importants pour l'espèce humaine qui doit exploiter ces ressources de façon plus durable et plus équitable.

La partie 2, « Qu'est-ce que l'Océan ? », est explicitée en 26 sujets dont les origines de la vie, à voir dans une soupe prébiotique d'eau, de méthane, d'ammoniac formant des molécules simples puis des acides nucléïques, … ; la circulation océanique avec ses systèmes de courants parfois très intenses, mais sans le schéma de la circulation globale thermohaline ou tapis roulant ; El Nino, l'enfant terrible du Pacifique qui est superbement présenté en 2 schémas très clairs et rapidement compréhensifs. Relevons encore que la biosphère océanique est partie des Cyanobactéries anaérobiques il y a ~3.400 Ma, mais ne présente toutefois que 260.000 espèces décrites soit 13 % des espèces connues ! Quant aux réseaux trophiques marins, ils se structurent plus tardivement vers 550 Ma quand l'oxygène indispensable à l'activité de chasse ou d'évitement est devenu largement disponible grâce à ce sous-produit de la photosynthèse des algues, l'oxygène, produit par celles-ci qui se sont diversifiées et largement multipliées.

La partie 3, « Explorer l'océan », recourt à des champs disciplinaires multiples sur des échelles de temps et d'espace phénoménales, allant de campagnes ciblées à des observations satellitaires qui ont permis des avancées majeures dans la compréhension de ce vaste système qui nécessite toutefois un suivi à long terme de ses variables essentielles via les nouvelles technologies (flotteurs Argo, …) *in situ*.

Les parties suivantes concernent « Histoires et représentations de l'Océan », « Usages de l'Océan », « Les risques » et « La gouvernance de l'Océan » : elles reflètent, dans chaque cas, un état des lieux complet, actualisé et parfaitement synthétisé et scientifiquement bien vulgarisé.

La dernière partie, « Quel avenir ? », soulève l'enjeu capital du rôle essentiel de cet océan pour une « planète bleue humaine et fonctionnelle » en attirant plus particulièrement l'attention sur les relations océan-climat, l'évolution des écosystèmes marins notamment en l'absence des grands poissons prédateurs, la nécessité d'une protection globale du milieu marin, voire la restauration par une ingénierie écologique.

À noter que ce livre se termine par un glossaire clair et précis, bien utile.

Un ouvrage qui intéressera le commun des mortels ainsi que tout étudiant, chercheur, professionnel soucieux de mieux connaître l'océan et son avenir, en grand danger actuellement.

Jean-Claude Micha
Université de Namur

Albouy (Vincent), *Étonnants envahisseurs : ces espèces venues d'ailleurs*. – Versailles : Éditions Quae, 2017. – 159 p. – 1 vol. électronique. – 16,00 €. – isbn 978-2-7592-2662-7.

Extraordinaire, cette synthèse vulgarisée des mécanismes biologiques développées par les espèces invasives, allant des très petits virus aux vertébrés mammifères marsupiaux comme placentaires en passant par les plantes terrestres comme aquatiques, marines comme d'eaux douces, sans oublier les invertébrés. L'auteur, entomologiste réputé, s'est lancé dans une enquête mondiale puisant dans une mer d'informations, sur les espèces

envahissantes souvent introduites mais pas toujours, qu'il a bien vite contrôlée, maîtrisée, digérée et restituée de façon succincte, magistrale, surprenante et amusante.

En 14 petits chapitres, partant sur la piste des envahisseurs, il dresse le portrait-robot d'un envahisseur, constate que le taux de réussite des introductions est très faible (1 ‰) mais peut produire de gros dégâts notamment sur les îles plus sensibles. En tout cas, l'homme joue à l'apprenti sorcier même en pratiquant la lutte biologique qui peut être la meilleure comme la pire des choses. En distinguant les espèces introduites en tant que conductrices ou passagères, il démontre l'importance d'identifier la cause de leur prolifération sans quoi les mesures prises n'auront que peu d'effets. En présentant le paradoxe de l'opossum, il remet en cause la soi-disant suprématie des mammifères placentaires considérés plus compétitifs que les mammifères marsupiaux qui, *in fine*, peuvent pourtant vivre ensemble dans bien des endroits différents. En tout cas, la taille (virus à mammifère) ne fait rien à l'affaire et il ne faut pas venir de loin pour se révéler envahissant. De plus, les voies de l'invasion sont multiples et souvent favorisées par les activités humaines qui ne pourront en aucun cas éradiquer l'espèce envahissante sauf à un stade très précoce. Enfin, quand la prévention n'a pas suffi et que l'éradication n'est plus possible, il ne reste qu'à s'adapter à l'espèce exotique envahissante et à la considérer comme naturalisée.

Les espèces exotiques invasives, qui le sont ici mais pas nécessairement ailleurs, qui deviennent envahissantes rapidement ou très tardivement, qui ont souvent été nos invitées pour leur beauté ou leur utilité (lutte biologique), font beaucoup parler d'elles dans le monde entier vu leurs effets négatifs sur la biodiversité. Des mesures mondiales sont prises pour limiter ces introductions mais le développement inévitable et de plus en plus rapide des transports internationaux pour le commerce et les personnes rend le combat perdu d'avance. Il est certes bon de tenter de limiter ces introductions comme l'Australie le fait en prenant des mesures drastiques mais très couteuses. Par ailleurs, l'auteur constate aussi que certaines espèces introduites, déjà depuis le Néolithique, peuvent être bénéfiques pour l'homme en devenant une ressource pour des espèces indigènes, ou en modifiant l'environnement.

En Europe, quelque 1200 à 1800 microorganismes, champignons, plantes, animaux sur les 12000 présents sont source de difficultés et le traitement des problèmes environnementaux, économiques et sanitaires coûte 12 milliards par an. Pourtant l'éradication tous azimuts de ces espèces exotiques envahissantes (EEE), entreprise notamment dans tous les pays européens sous l'impulsion de l'UE, ne peut être qu'une solution parmi d'autres, à condition que la cause du problème soit identifiée et non ses conséquences et que le programme prévoit un suivi pour en vérifier l'efficacité, ce qui est trop rarement le cas.

Enfin, il ne faudrait pas oublier que certaines espèces indigènes comme exotiques deviennent tout à coup envahissantes suite aux activités humaines terrestres (rejets d'eaux eutrophes dus à l'agriculture et à l'urbanisation) qui peuvent modifier les milieux récepteurs (eaux douces, saumâtres et marines), ce qui est le cas du développement anarchique de la laitue de mer sur les côtes bretonnes.

En conclusion, l'auteur s'accorde avec la pensée écologique moderne en considérant que le facteur limitant la réussite des introductions ou le développement anarchique d'une espèce locale n'aurait rien à voir avec la saturation en espèces des écosystèmes mais résulte-

rait plutôt du dynamisme évolutif de la vie due aux changements environnementaux inévitables qui induit de nouvelles disponibilités dans les ressources.

À noter dans la plupart des chapitres de petits textes encadrés explicitant très clairement l'une ou l'autre problématique ainsi qu'une liste scientifique et commune des noms d'espèces, élaborée avec une grande minutie.

Un ouvrage accessible à tous, bien écrit sur le ton d'une enquête en milieu naturel bien que souvent modifié mais toujours en évolution qui intéressera tout étudiant et tout formateur en environnement ainsi que tout professionnel concerné par la gestion des milieux.

Jean-Claude Micha
Université de Namur

Sciences médicales

Comprendre la paralysie cérébrale et les troubles associés : évaluations et traitements / publié sous la direction de Danièle Truscelli. – 2e édition. – Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2017. – xxi, 452 + [11] p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 54,90 €. – isbn 978-2-294-74530-0.

Cet ouvrage, une refonte de la version initiale intitulée *Les infirmités cérébrales*, a été coordonné par Danièle Truscelli, neuropédiatre, praticienne hospitalière, ancienne responsable de l'unité de rééducation neurologique infantile à l'hôpital de Bicêtre et rédactrice adjointe de la revue *Motricité cérébrale*. Il vise à transmettre aux lecteurs de différents horizons une vision holistique du patient présentant une paralysie cérébrale (PC). Il a été écrit par une série d'auteurs reconnus en France dans le domaine de la PC. Mentionnons notamment Michel Le Métayer qui, poussé par le Pr. Tardieu, a défini la rééducation cérébro-motrice du jeune enfant et développé les Niveaux d'Évolution Motrice (NEM) qui sont fréquemment utilisés dans nos pays francophones, ainsi que Philippe Toullet, directeur pédagogique de l'Institut Motricité Cérébrale, personne-ressource dans le domaine de la PC qui dynamise et diffuse largement de nouvelles connaissances dans le réseau des thérapeutes français. De nombreux compléments en ligne sont disponibles tels qu'une vingtaine de vidéos, quelques tableaux, textes additionnels et fiches cliniques. Le lecteur pourra y trouver une aide intéressante à la compréhension et à l'exemplification de l'ouvrage. Cependant, la qualité de ces compléments, tant du point de vue du contenu que de la forme, est très variable. Il est à noter que les références de l'ouvrage ne peuvent être consultées qu'en ligne, ce qui peut s'avérer pénible à la lecture. Le lecteur avisé remarquera aussi que la majorité des références sont françaises (souvent issues de la revue *Motricité cérébrale*) et pas toujours récentes, bien qu'à nouveau cela soit variable en fonction des sections de l'ouvrage.

L'ouvrage commence par une introduction ayant le mérite de placer l'enfant atteint de PC et sa famille au centre de toute approche thérapeutique en insistant sur l'importance d'un programme thérapeutique individualisé. Le premier chapitre sur la pathologie cérébrale se veut global et tente de recouvrir l'ensemble des domaines liés à la PC. L'ab-

sence d'un fil conducteur manifeste rend la lecture de ce chapitre mal aisée. Le chapitre se termine par une sorte de résumé des éléments qui seront approfondis dans les chapitres consécutifs. Le deuxième chapitre sur la plasticité cérébrale se base sur la littérature scientifique internationale. Le lecteur appréciera la qualité de la rédaction et des informations transmises. Nous regrettons toutefois la brièveté de ce chapitre et la difficulté à transposer son contenu dans la prise en charge pratique du patient. Des informations concernant les neurones miroirs et les facteurs favorisant la plasticité cérébrale (tels que l'intensité, la répétition, la progression dans les difficultés, le *feedback*), ingrédients essentiels à tout apprentissage moteur, auraient été appréciées. Le troisième chapitre réfère à la santé des enfants atteints de PC et à ses troubles ; l'état sanitaire, la qualité de vie et les troubles somatiques y sont abordés. Il manque d'un fil conducteur clair et nous pouvons déplorer le manque de références scientifiques.

Le quatrième chapitre s'intéresse à l'une des deux thématiques phares du livre, puisqu'il aborde l'évaluation de la PC. Nous retrouvons dans ce chapitre majoritairement des évaluations cliniques non chiffrées qui, bien qu'elles puissent donner une idée globale des possibilités et difficultés de l'enfant atteint de PC, ne permettent pas de suivre l'évolution de l'enfant dans son parcours de vie et d'objectiver l'efficacité des traitements. Les évaluations présentées renvoient uniquement aux fonctions organiques en négligeant les domaines des activités, de la participation sociale et de la qualité de vie, qui sont pourtant importants à évaluer dans une approche thérapeutique centrée sur le patient. Malgré ces insuffisances, cette section aborde le sujet délicat, mais essentiel, des effets intempestifs des étirements et souligne l'importance du renforcement musculaire.

Le cinquième chapitre, concernant la deuxième thématique phare de l'ouvrage, spécifie les stratégies rééducatives. L'éducation motrice et thérapeutique et la rééducation des troubles bucco-faciaux reprennent à peu de choses près le contenu du livre *Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, éducation thérapeutique* de Le Métayer. Il est à déplorer que seule cette approche motrice ait été présentée en détail dans cet ouvrage alors que la littérature scientifique internationale a montré l'efficacité d'autres traitements tels que les thérapies intensives (thérapie unimanuelle par le mouvement induit par la contrainte [CIMT] ; thérapie intensive bimanuelle « *Hand and arm bimanual intensive therapy* » [HABIT] ; thérapie intensive bimanuelle incluant les membres inférieurs [HABIT-ILE]), l'entrainement dirigé par les objectifs (*goal-directed training*), ou les injections de toxine botulique associées à de l'ergothérapie. La CIMT est abordée en une page et ne permet pas au lecteur de se faire une idée précise de l'intervention. La toxine botulique est abordée dans le chapitre suivant sans mettre l'emphase sur la nécessité de la combiner avec de la rééducation pour agir sur le domaine des activités. Il est à noter qu'une confusion apparaît dans le texte entre le *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS, une classification des capacités locomotrices et posturales) et le *Gross Motor Function Measure* (GMFM, un outil mesurant la fonction motrice globale). Bien que le AHA (*Assisting Hand Assessment*), à savoir un *gold-standard* permettant de mesurer l'efficacité avec laquelle la main atteinte aide la main saine, soit abordé de façon superficielle, beaucoup d'outils d'évaluation présentant de bonnes qualités psychométriques, régulièrement utilisés dans la littérature scientifique internationale, ne sont pas abordés : *Pediatric Balance Scale*, *Pediatric Evaluation of Disability Inventory* (PEDI), ABILHAND-Kids, *Canadian Occupational Performance Measure*

(COPM)… De façon intéressante et pertinente, l'auteur insiste sur la fréquence des états douloureux rencontrés en kinésithérapie dus aux étirements musculaires. Ce chapitre sur les stratégies rééducatives détaille également le rôle de l'appareillage, la prise en charge respiratoire et la problématique du corps à corps en rééducation, sujet intéressant et rarement abordé dans la littérature.

Le sixième chapitre s'adresse aux médecins en détaillant le traitement médicamenteux des enfants atteints de PC et les injections de toxine botulique. Les septième et huitième chapitres s'adressent davantage aux chirurgiens en abordant la chirurgie des membres, les déformations rachidiennes et interface pelvienne, la chirurgie multiétagée des membres inférieurs, et la neurochirurgie. Bien qu'apportant des informations techniques pertinentes, ces chapitres n'abordent que peu ou pas les conséquences négatives potentielles de ces interventions, en particulier la rhizotomie. L'accompagnement de l'enfant atteint de PC lors des interventions chirurgicales est également présenté au travers de témoignages. Le neuvième chapitre comprend de nombreux témoignages illustrant les problématiques d'accompagnement de l'enfant atteint de PC. Les auteurs présentent la transition du corps perçu comme un objet de soin vers la personne perçue comme sujet du soin. Nous aurions aimé que cette transition soit poursuivie vers la vision actuelle du patient acteur de ses soins. Le dixième chapitre aborde les apprentissages et a le mérite de présenter clairement les différents troubles des apprentissages associés à la PC dans la première section. Celle-ci est suivie d'une section expliquant le fonctionnement du système d'inclusion scolaire français dont l'utilité s'arrête aux frontières de l'hexagone. Ce chapitre se clôture par la présentation peu structurée d'un dispositif d'accompagnement des jeunes vers une orientation professionnelle. Les orthophonistes ne sont pas oubliés avec le onzième chapitre qui aborde le langage et la communication. Alors que la première partie de ce chapitre est en partie redondante avec le cinquième chapitre, la seconde partie offre une belle vision d'ensemble des outils de communication alternative améliorée. Celle-ci se base essentiellement sur l'expérience professionnelle de l'auteur. Le douzième chapitre, dédié à la thématique de l'autonomie, illustre celle-ci à travers différents témoignages de patients atteints de PC.

En conclusion, cet ouvrage a l'ambition de donner une vue globale et multidisciplinaire de la PC. La diversité des thématiques abordées et le souci de garder le patient au cœur de la prise en charge, notamment au travers des témoignages de vie, en sont les points forts. Malheureusement, les thématiques sont souvent abordées de façon superficielle et le manque de vulgarisation rend la lecture ardue. De plus, les auteurs font peu référence à la littérature scientifique internationale. Ainsi, des techniques de rééducation ayant montré leur efficacité ne sont pas ou peu citées. De même, certains outils d'évaluation présentant de bonnes qualités psychométriques et régulièrement utilisés dans la littérature scientifique sont absents. C'est d'autant plus dommage que le lecteur s'attend à une présentation exhaustive des évaluations et traitements, étant donné que ces termes sont repris dans le titre de l'ouvrage. Il s'agit donc plus d'un partage d'expériences cliniques de professionnels francophones que d'une revue de la littérature scientifique ou des traitements cliniques de type « *evidence-based practice* ».

Carlyne Arnould
Haute école Louvain-en-Hainaut

Yannick Bleyenheuft
Université catholique de Louvain

Sciences paramédicales

Klissouras (Vassilis), *Les bases de la physiologie du sport : 64 concepts clés* / traduction de Peter Jenoure revue et validée par Frédéric Deplesse. – Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2017. – xiii, 185 p. – (Sport). – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 29,00 €. – isbn 978-2-294-75230-8.

Les ouvrages de référence dans le domaine de la physiologie du sport et de l'exercice sont, pour la grande majorité, très volumineux. Pour cause, expliquer les concepts clés de la physiologie du sport de manière succincte est un exercice périlleux. C'est pourtant celui auquel s'attelle, dans cet ouvrage, Vassilis Klissouras, professeur émérite d'ergophysiologie à l'Université d'Athènes et auteur de nombreux travaux portant sur les bases génétiques de l'efficience humaine, aidé pour la traduction française par Peter Journe, médecin du sport en Suisse. Avec cet ouvrage, l'objectif de l'auteur est « de donner une meilleure vue d'ensemble des remarquables adaptations de l'organisme humain aux stimuli de l'effort physique ainsi qu'une meilleure compréhension des notions physiologiques de base qui sous-tendent la performance sportive » (Préface).

Pour ce faire, le livre est divisé en 9 sections : bioénergétique et performance, muscle squelettique à l'effort, entraînement du cœur et des poumons, optimisation de la performance athlétique, nutrition du sportif, évaluation ergométrique des athlètes, effets délétères de la sédentarité et prescriptions d'exercices pour la santé. Chaque section aborde plusieurs concepts fondamentaux de la physiologie du sport et chaque concept est synthétisé sous forme de double page. Le texte présenté sur la page de gauche est toujours accompagné d'une illustration en vis-à-vis et d'un encadré qui résume les mots clés du concept. Les termes techniques utilisés sont définis en fin d'ouvrage dans un glossaire quasi exhaustif (pp. 172-185). Le lecteur trouvera ainsi une description pédagogique de chaque concept.

Si la forme est séduisante, que dire plus précisément à propos du contenu de ce livre ? Évidemment, il n'est pas simple de présenter, par exemple, les mécanismes de l'hypertrophie musculaire (pp. 84-85) ou les effets de l'altitude sur la performance (pp. 100-101) en une double page. L'auteur y parvient toutefois avec succès, en se référant à un nombre restreint d'études scientifiques, parfois anciennes, pour étayer chaque concept. Il arrive ainsi, avec beaucoup de justesse, à expliquer très simplement les bases moléculaires de la contraction musculaire (pp. 36-37), à balayer les fausses croyances sur l'origine des crampes musculaires induites par l'effort (pp. 54-55) ou encore à présenter en quelques concepts les effets prophylactiques de l'activité physique (pp. 134-147). La clarté des explications devrait parfaitement convenir aux étudiants en sciences du sport, en médecine du sport et en kinésithérapie auxquels cet ouvrage s'adresse en priorité. Bien évidemment, le lecteur initié pourrait émettre des critiques sur l'explication de certains concepts. À titre d'exemple, le rôle joué par le lactate lors de l'apparition d'acidose intramusculaire à l'exercice (pp. 10 et 52) mériterait d'être clarifié afin de lui ôter définitivement le titre de « vilain petit canard » qui lui était autrefois attribué. Tout comme il serait opportun de nuancer les risques liés à un manque d'hydratation durant une compétition (pp. 112-113) en présentant aussi ceux liés à une surhydratation comme l'hyponatrémie par exemple (niveau de sodium

<135 mmol/L). Notons également quelques erreurs de valeurs ou d'unités, peu fréquentes, mais qui pourraient semer le doute chez le lecteur novice.

Au final, clair et synthétique, *Les bases de la physiologie du sport : 64 concepts clés* constitue certainement un bon ouvrage de synthèse des fondamentaux de la physiologie de l'exercice. Bien que les mécanismes physiologiques responsables des adaptations à l'exercice soient détaillés de façon superficielle, il pourrait s'avérer être une aide précieuse pour voir et surtout revoir les concepts clés, que ce soit pour les étudiants du domaine paramédical ou pour les (futurs) médecins du sport.

Mikaël Scohier
Haute école Louvain-en-Hainaut

Les modèles conceptuels en ergothérapie : introduction aux concepts fondamentaux / sous la direction de Marie-Chantal Morel-Bracq ; [préface de Hélène Hernandez]. – 2e édition. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2017. – ix, 261 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 29,00 €. – isbn 978-2-35327-377-5.

Intitulé *Approche des modèles conceptuels en ergothérapie* et paru en 2004, un premier ouvrage, rédigé par Marie-Chantal Bracq, a permis d'introduire, de manière structurée, les notions de modèles, d'approches et de cadres de référence qui sont nécessaires, voire essentielles, à la construction de l'identité professionnelle de l'ergothérapeute. En 2009, est paru un nouveau livre, intitulé *Modèles conceptuels en ergothérapie : introduction aux concepts fondamentaux*, avec pour auteure unique Moral-Bracq, dont nous analysons ici la deuxième édition, parue en 2017. Cette deuxième édition diffère de la première par plusieurs points : elle est désormais dirigée par Moral-Bracq qui s'est adjointe la collaboration de douze ergothérapeutes et d'un ethnologue ; l'organisation des différents chapitres (modèles généraux, cadre de référence, conceptuels, modèles appliqués…) a été remaniée ; enfin, certaines sections n'apparaissent plus quand d'autres ont été déplacées ou ajoutées.

L'auteure principale aborde le contexte actuel de l'occupation humaine en lien avec les pratiques des ergothérapeutes. Cependant, ce troisième paradigme est peu explicite tout au long des chapitres.

Les auteurs ont choisi de présenter les divers modèles selon une même structure (d'après Levy, Forget et Laporte, *Vers un paradigme systémique de la réadaptation*, 1983). Chacun de ces modèles est décrit, critiqué, illustré par un cas clinique et accompagné d'une bibliographie. Concernant les exemples et la bibliographie, une actualisation serait intéressante. Le manuel est organisé en 5 chapitres principaux, précédés par une introduction.

L'introduction nous rappelle la difficulté, déjà abordée dans les précédents écrits, de définir exactement, d'organiser et de classifier ce que sont les notions de modèles, d'approches, de cadres de référence et de cadres conceptuels. Elle insiste sur la flexibilité de l'ergothérapeute à utiliser ces outils. En ce qui concerne les modèles, elle nous explique se baser sur la définition de Kortman (1994). S'ensuit la description de la structure du livre ainsi que la définition et l'intérêt de structurer la présentation des modèles de la manière qui a été choisie.

Le premier chapitre aborde les modèles généraux interprofessionnels, c'est-à-dire ceux qui ont été créés en dehors du champ de l'ergothérapie, mais qui sont importants dans la mesure où ils sous-tendent notre pratique et peuvent s'adapter à de nombreuses situations.

Le deuxième chapitre, plus étoffé que dans la première édition, regroupe des modèles généraux en ergothérapie. Les nouveaux modèles présentés (le modèle écologique du développement humain, le modèle PEO et le PEOP) mettent le focus sur l'interaction personne-environnement-occupation, d'où l'émergence des modèles écologiques.

Le troisième chapitre nous permet de (re)découvrir des cadres conceptuels et des modèles appliqués ciblés sur l'ergothérapie, afin d'aider le praticien dans sa pratique quotidienne. Trois nouveaux éléments sont exposés : le cadre conceptuel du groupe Terminologie du réseau européen des écoles d'ergothérapie (CCTE), le modèle du processus d'intervention en ergothérapie (*Occupational Therapy Intervention Process Model* – OTIPM) et l'approche CO-OP (*Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance*). Le modèle ludique reste dans cette section. Quant au modèle de Mosey, présent dans l'édition de 2009, il n'est plus repris dans cet ouvrage.

Le quatrième chapitre reprend des cadres de référence ou des modèles appliqués interprofessionnels. Ils ont été élaborés par des chercheurs suite à l'évolution des connaissances pour répondre à des besoins particuliers liés à certaines pathologies. Ils peuvent s'utiliser de manière plus spécifique pour résoudre des problèmes liés à des déficits cognitifs, physiques, ou encore psychosociaux. L'auteure rappelle le besoin d'inscrire ces modèles appliqués à un cadre plus général.

Enfin, le cinquième chapitre nous fait part de réflexions générales en lien avec tous ces modèles. Nous conseillons d'ailleurs aux lecteurs de commencer la lecture de l'ouvrage par ce chapitre, pour comprendre la dynamique qui a conduit les auteurs à présenter cette deuxième édition. En effet, ceux-ci nous renvoient à l'importance de connaître les modèles pour répondre à la question posée par Krefting (1985) : « Qu'est-ce que les ergothérapeutes évaluent et traitent ? Et pourquoi ? ». Les auteurs amènent la question du comment, mais celle-ci nous semble peu perceptible.

Le fait que l'ouvrage soit écrit par différents auteurs amène des disparités dans le contenu de ces chapitres et dans la quantité d'informations diffusées. Cependant, ce livre a le mérite de nous fournir une ébauche de la situation actuelle, au niveau international, quant aux possibilités d'inscrire nos pratiques et de conforter notre assise théorique. Restons conscients que la théorisation des modèles évolue rapidement en lien avec le développement de la profession, du paradigme occupationnel et de la recherche. C'est pourquoi il reste essentiel de s'interroger, de se former, de continuer à lire, voire d'écrire nous-mêmes.

Gwendoline Terrana & Florence Terrier
Haute école Louvain-en-Hainaut

Divers

Bonobos : Unique in Mind, Brain, and Behavior / edited by Brian HARE and Shinya YAMAMOTO. – Oxford : Oxford University Press, 2017. – xiv, 304 p. – 1 vol. broché de 24,5 × 19 cm. – £44.99. – isbn 978-0-19-872852-8.

Cet ouvrage exceptionnel rassemble des contributions de 39 spécialistes mondiaux des bonobos et est abondamment illustré. Dans la préface, de Waal rappelle les spécificités des bonobos (*Pan paniscus*) par rapport aux chimpanzés (*Pan troglodytes*) déjà descellées par une première vague d'études : ils sont plus pacifiques, plus orientés vers le sexe et les femelles y occupent une position plus centrale (voir même dominante). Il souligne que ce recueil apporte une « explosion de nouvelles connaissances » et intéressera non seulement les spécialistes de l'éthologie des primates, mais aussi tous ceux qui sont intéressés par l'évolution humaine. Viennent alors 18 chapitres très bien structurés, comportant, chacun, un résumé en français (malheureusement souvent très approximatif) et une riche bibliographie. Le premier chapitre, écrit par les éditeurs du livre, est introductif. Les 17 chapitres suivants sont regroupés en huit parties. Dans la partie I, intitulée « La société », Furuichi met en évidence que ce sont les femelles bonobos qui semblent contribuer « fortement à la structure non-violente de leur société » (p. 17). Surbeck & Hohmann étudient ensuite les relations entre mâles. La partie II concerne le développement social. Walker & Hare y formulent et étayent l'hypothèse selon laquelle la défense de leur progéniture par les femelles a entrainé une réduction de l'agressivité des mâles. Puis Palagi & Demuru épinglent l'étroite corrélation, chez les bonobos, entre le jeu des adultes et la tolérance sociale. La partie III a pour titre « Esprit et communication ». Krupenye *et al.* commencent par y proposer des balises pour de prochaines recherches sur la cognition sociale, encore mal connues, des bonobos, en particulier sur leur capacité de raisonnement au sujet des pensées et des émotions des autres. Cette capacité de « théorie de l'esprit », jadis considérée comme propre à l'homme, a été bien décrite chez les chimpanzés. Il semble qu'elle présente des particularités chez les bonobos. Tomasello y affirme ensuite que « les bonobos et les autres grands singes possèdent la plupart des compétences cognitives nécessaires à un langage humain » (p. 95) notamment les bases d'apprentissage de symboles et de la catégorisation. Mais il leur manque « les compétences et les motivations d'intentionnalité *commune* » ajoute-t-il (p. 95). Puis Clay & Genty notent « la complexité, la flexibilité et l'intentionnalité » de la communication des bonobos et elles en concluent que « les fondations de notre langue sont enracinées dans notre passé primate » (p. 105). La partie IV se focalise sur la coopération. Yamamoto & Furuichi font part de leur découverte chez les bonobos sauvages : ce qu'ils ont nommé le « partage de nourriture par politesse », alors que l'environnement est plein de ressources alimentaires, semble se pratiquer *pour augmenter les liens sociaux*, comme chez l'homme. Mais contrairement à ce qui se passe chez les humains qui donnent pro-activement dans un tel partage, chez les bonobos, c'est celui qui reçoit qui doit avoir mendié. Quant à Tan & Hare, ils signalent que, contrairement aux chimpanzés, les bonobos placent « les membres immigrants au centre de la coopération » (p. 140). Comme les humains donc, les bonobos peuvent être altruistes envers des étrangers. La partie suivante a trait aux stratégies de butinage. Rosati soutient que des différences écologiques naturelles (nourriture variable selon la saison et éparse pour les chimpanzés *versus* nourriture plus

constante et distribuée de façon plus homogène pour les bonobos) peuvent expliquer les différences cognitives observées. En effet, les bonobos font preuve d'une « mémoire spatiale moins précise, de moins de patience et de plus d'aversion aux risques que les chimpanzés » (p. 157). Par ailleurs, Call insiste sur une autre différence importante : dans la nature, seuls « les chimpanzés possèdent des boites à outils diverses » pour le butinage (p. 171). Pour expliquer ce fait, l'auteur suggère une combinaison de spécificités psychologiques propres aux bonobos : ces derniers semblent enclins, contrairement aux chimpanzés, à recourir à des solutions plutôt sociales que techniques ; ils sont moins audacieux ; ils sont aussi moins tolérants à la douleur (et évitent donc les ressources protégées par certaines défenses naturelles). La partie VI concerne la comparaison « des esprits et des cerveaux ». Le belge Staes et plusieurs autres scientifiques s'y attachent à décrire la personnalité des bonobos. Ils relèvent, comme prévu, des « différence de sexe et d'âge dans l'Affirmation de soi, l'Ouverture et l'Extraversion » (p. 183). Hopkins *et al.* présentent ensuite leurs résultats préliminaires montrant des différences d'organisation corticale pouvant expliquer les différences observées entre bonobos et chimpanzés au niveau du comportement socio-communicatif et de la cognition. La contribution suivante me paraît particulièrement intéressante : Hare & Woods y apportent une confirmation empirique et quantitative de l'hypothèse d'auto-domestication des bonobos. Selon cette dernière, la sélection naturelle, chez les bonobos et non chez les chimpanzés, de la pro-socialité (probablement dans un environnement incitant peu à la compétition) a entraîné une modification de leur *timing* de développement (impliquant un processus de juvénilisation), qui lui-même a provoqué une évolution de leur cognition. Or l'hypothèse d'auto-domestication est aussi utilisée pour expliquer « l'évolution de la coopération et de la communication humaines comme résultat de la sélection contre l'agressivité intra-groupe » (p. 227). La confirmation apportée ici par les deux auteurs les incite donc à affirmer que les hommes et les bonobos ont convergé en ce qui concerne le comportement et la cognition et que les chimpanzés sont donc plus proches de l'ancêtre commun à ces trois espèces. La partie VII est dédiée à l'évolution. Takemoto *et al.* y formulent une nouvelle hypothèse : les bonobos seraient les seuls du clade des hominidés à avoir traversé à gué le fleuve Congo, lors d'une période de basses eaux, pour aller sur la rive gauche. La dernière partie a pour thème « la protection et les soins en captivité ». Nackoney *et al.* y soulignent l'importance de l'utilisation des données spatiales pour soutenir la protection des bonobos. Puis Faust *et al.* évoquent le Sanctuaire Lola ya Bonobo. Le recueil s'achève enfin par une brève postface le synthétisant, sous la plume de Wrangham.

Marie d'Udekem-Gevers
Université de Namur

Ouvrages reçus à la rédaction

Ce que la science sait du monde de demain : intelligence artificielle, transhumanisme, menace climatique, surpopulation... Notre vie en 2050 / sous la direction de Jim Al-Khalili ; traduit de l'anglais par André Cabannes et Lionel Pousaz. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2018. – 336 p. – (Quanto). – 1 vol. broché de 14 × 20,5 cm. – 18,50 €. – isbn 978-2-88915-240-7.

Dictionnaire du corps / sous la direction de Bernard Andrieu et Gilles Boëtsch. – 3e édition revue et corrigée. – Paris : CNRS éditions, 2018. – 590 p. – (Biblis). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 12,00 €. – isbn 978-2-271-11931-5.

Épistémologie & didactique : synthèses et études de cas en mathématiques et en sciences expérimentales / coordonné par Manuel Bächtold, Viviane Durand-Guerrier, Valérie Munier. – Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté, 2017. – 268 p. – (Didactiques). – 1 vol. broché de 16 × 22 cm. – 26,00 €. – isbn 978-2-84867-603-6.

René Thom : portrait mathématique et philosophique / sous la direction d'Athanase Papadopoulos. – Paris : CNRS éditions, 2018. – 460 p. – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 40,00 €. – isbn 978-2-271-11827-1.

Penser / classer les collections des sociétés savantes : actes des journées d'étude organisées par la Société des arts de Genève : Palais de l'Athenée, 24 et 25 novembre 2016 / sous la direction de Sylvain Wenger ; avec la contribution de Jérôme Baudry, Vincent Chenal, Françoise Dubosson et Dominique Zumkeller. – Genève : Éditions Slatkine, 2018. – 232 p. – (Études historiques, 3). – 1 vol. broché de 15,5 × 23,5 cm. – 35,00 CHF. – isbn 978-2-05-102825-7.

Avenas (Pierre), *La prodigieuse histoire du nom des éléments* / avec la collaboration de Minh-Thu Dinh-Audouin ; préface de Jacques Livage. – Les Ulis : EDP sciences, 2018. – 260 p. – 1 vol. broché de 14 × 21 cm. – 19,00 €. – isbn 978-2-7598-2307-2.

Barilier (Étienne), *Leonhard Euler : la clarté de l'esprit*. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2018. – 168 p. – (Savoir suisse). – 1 vol. broché de 12 × 18 cm. – 14,90 €. – isbn 978-2-88915-252-0.

Beer (Ferdinand P.) - Johnston (E. Russell) - Mazurek (David F.), *Mécanique pour ingénieurs*. – Vol. 1 : *Statique*. – 3e édition / adapté par Alain Hénault et révisé scientifiquement par Smail Guenoun. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2018. –

596 p. – (Sciences de l'ingénieur). – 1 vol. broché de 21,5 × 27,5 cm. – 69,00 €. – isbn 978-2-8073-1892-2.

Beer (Ferdinand P.) - Johnston (E. Russell) - Cornwell (Phillip J.) - Self (Brian P.), *Mécanique pour ingénieurs*. – Vol. 2 : *Dynamique*. – 3e édition / adapté par Éric David et révisé scientifiquement par Maxime Verrault. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2018. – 1180 p. – (Sciences de l'ingénieur). – 1 vol. broché de 21,5 × 27,5 cm. – 69,00 €. – isbn 978-2-8073-1895-3.

Bert (Jean-François), *Comment pense un savant ? Un physicien des Lumières et ses cartes à jouer*. – Paris : Éditions Anamosa, 2018. – 221 p. – 1 vol. broché de 12 ×19 cm. – 20,00 €. – isbn 979-10-95772-44-6.

Cohen-Tannoudji (Claude) - Diu (Bernard) - Laloë (Franck), *Mécanique quantique*. – Tome 1. – Nouvelle édition. – Paris : CNRS Éditions; Paris : EDP Sciences, 2018. – 932 p. – (Savoirs actuels - Physique). – 1 vol. relié de 16,5 × 24,5 cm. – 64,00 €. – isbn 978-2-7598-2287-4.

Cohen-Tannoudji (Claude) - Diu (Bernard) - Laloë (Franck), *Mécanique quantique*. – Tome 2. – Nouvelle édition. – Paris : CNRS Éditions; Paris : EDP Sciences, 2018. – 1608 p. – (Savoirs actuels - Physique). – 1 vol. relié de 16,5 × 24,5 cm. – 64,00 €. – isbn 978-2-7598-2286-7.

Condemi (Silvana) - Savatier (François), *Dernières nouvelles de Sapiens*. – Paris : Flammarion, 2018. – 157 p. – 1 vol. broché de 11,5 × 18,5 cm. – 12,00 €. – isbn 978-2-0814-2712-9.

de Waal (Frans), *Sommes-nous trop « bêtes » pour comprendre l'intelligence des animaux ?* / avec des dessins de l'auteur; essai traduit de l'anglais (États-Unis) par Lise Chemla et Paul Chemla. – Paris : Éditions Les Liens qui libèrent, 2018. – 414 p. – (Babel, 1550). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 9,80 €. – isbn 978-2-330-10323-1.

Dhombres (Jean) - Régnier-Roux (Daniel), *La Bibliotheca Mathematica du XVIIe siècle en Europe : Étude des livres de sciences mathématiques de la bibliothèque de Camille de Neufville et comparaison avec les collections de Charles-Maurice Le Tellier, Grégoire de St Vincent, Florimond de Beaune, Joachim Junge, Pierre Hérigone, Isaac Barrow, Christiaan Huygens et Galilée*. – Vol. 1 : *Analyse*. – Paris : Librairie Blanchard, 2017. – 304 p. – (Sciences et Techniques en Perspective, IIe série, vol. 19, fasc. 1). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 28,00 €. – isbn 978-2-85367-275-7.

Dhombres (Jean) - Régnier-Roux (Daniel), *La Bibliotheca Mathematica du XVIIe siècle en Europe : Étude des livres de sciences mathématiques de la bibliothèque de Camille de Neufville et comparaison avec les collections de Charles-Maurice Le Tellier, Grégoire de St Vincent, Florimond de Beaune, Joachim Junge, Pierre Hérigone, Isaac Barrow, Christiaan Huygens et Galilée*. – Vol. 2 : *Documents*. – Paris : Librairie Blanchard, 2017. – 274 p. – (Sciences et Techniques en Perspective, IIe série, vol. 19, fasc. 2). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 28,00 €. – isbn 978-2-85367-276-4.

Durand (Antonin), *La quadrature du cercle : les mathématiciens italiens et la vie parlementaire (1848-1913).* – Paris : Éditions rue d'Ulm, 2018. – 340 p. – (Italica). – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 26.00 €. – isbn 978-2-7288-0587-7.

Elias (Norbert), *La dynamique sociale de la conscience : sociologie de la connaissance et des sciences* / traduit de l'anglais par Marc Joly, Delphine Moraldo et Marianne Woollven et de l'allemand par Hélène Leclerc ; édition, supervision scientifique et présentation par Marc Joly ; préface de Bernard Lahire. – Paris : La Découverte, 2016. – 332 p. – (Laboratoire des sciences sociales). – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 24,00 €. – isbn 978-2-7071-7632-5.

Gao (Shan), *The Meaning of the Wave Function : In Search of the Ontology of Quantum Mechanics*. – First paperback edition. – Cambridge : Cambridge University Press, 2018. – 190 p. – 1 vol. broché de 18 × 25.5 cm. – 31.78 $. – isbn 978-1-108-46423-9.

Gillett (Carl), *Reduction and Emergence in Science and Philosophy*. – First paperback edition. – Cambridge ; New York ; Melbourne : Cambridge University Press, 2018. – ix, 389 p. – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – £ 25.99. – isbn 978-1-107-42807-2.

Ginoux (Jean-Marc), *Les grandes découvertes de l'histoire de la physique et leurs démonstrations en 128 exercices*. – Paris : Editions Ellipses, 2018. – 572 p. – 1 vol. broché de 16,5 × 24 cm. – 29,00 €. – isbn 9782340-023437.

Hawking (Stephen), *Brèves réponses aux grandes questions* /traduit de l'anglais par Tania de Loewe. – Paris : Odile Jacob, 2018. – 240 p. – (sciences). – 1 vol. broché de 14 × 20,5 cm. – 19,90 €. – isbn 978-2-7381-4567-3.

Hoang (Lê Nguyên), *La formule du savoir : une philosophie unifiée du savoir fondée sur le théorème de Bayes* /préface de Gilles Dowek. – Les Ulis : EDP sciences, 2018. – 402 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 49,00 €. – isbn 978-2-7598-2260-7.

Iliffe (Rob), *Priest of Nature : The Religious Worlds of Isaac Newton*. – Oxford : Oxford University Press, 2017. – 522 p. – 1 vol. broché de 24 × 16,5 cm. – 26,00 €. – isbn 978-0-19-999535-6.

Kepler (Johannes), *Nova stereometria doliorum vinariorum / New solid geometry of wine barrels / Accessit Stereometriæ Archimedeæ supplementum / A supplement to the Archimedean solid geometry has been added* / edited and translated, with an Introduction by Eberhard Knobloch. – Paris : Les Belles Lettres, 2018. – 350 – (Sciences et Savoirs - Bibliothèque de science, tradition et savoirs humanistes, IV). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 95,00 €. – isbn 978-2-251-44832-9.

Laudan (Larry), *Science et relativisme : quelques controverses clefs en philosophie des sciences* / traduction de Michel Dufour, préface de Pascal Engel. – Paris : Éditions matériologiques, 2017. – 262 p. – (Sciences & philosophie). – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 19,00 €. – isbn 978-2-37361-131-1.

Petrini (Michela) - Pradisi (Gianfranco) - Zaffaroni (Alberto), *A Guide to Mathematical Methods for Physicists : with Problems and Solutions*. – London : World Scientific, 2018. –

328 p. – (Essential Textbooks in Physics). – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 67,76 €. – isbn 978-1-78634-344-4.

Petrini (Michela) - Pradisi (Gianfranco) - Zaffaroni (Alberto), *A Guide to Mathematical Methods for Physicists : Advanced Topics and Applications*. – London : World Scientific, 2019. – 296 p. – (Advanced Textbooks in Physics). – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 81,96 €. – isbn 978-1-78634-704-6.

Pinault (Michel), *Émile Borel : une carrière intellectuelle sous la IIIe République*. – Paris : L'Harmattan, 2017. – 635 p. – (Acteurs de la science). – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 39,00 €. – isbn 978-2-343-12942-6.

Pinet (Patrice), *Les musiciens, la maladie et la médecine : de Guillaume de Machaut à Béla Bartok*. – Paris : L'Harmattan, 2017. – 416 p. – (Médecine à travers les siècles). – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 39,00 €. – isbn 978-2-343-13073-6.

Priestley (Joseph), *Recherches sur la Matière et l'Esprit* / traduction et notes de Antoine Grandjean ; présentation de Pascal Taranto. – Paris : Honoré Champion, 2018. – 366 p. – (L'Âge des Lumières, 96). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 50,00 €. – isbn 978-2-7453-5014-5.

Susskind (Léonard) – Friedman (Art), *Relativité restreinte et théorie classique des champs : tout ce que vous avez besoin de savoir pour commencer à faire de la physique* / traduit de l'anglais par André Cabannes et Benoît Clenet. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2018. – xi, 358 p. – (Le minimum théorique). – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 23,60 €. – isbn 978-2-88915-218-6.

Timberlake (Todd) - Wallace (Paul), *Finding Our Place in the Solar System : The Scientific Story of the Copernican Revolution*. – Cambridge (UK) : Cambridge University Press, 2019. – xvii, 378 p. – 1 vol. relié de 18 × 25 cm. – $39.99. – isbn 978-1-107-18229-5.

Vautrin (Guy), *Histoire de la vulgarisation scientifique avant 1900*. – Les Ulis : EDP Sciences, 2018. – 408 p. – (Sciences & Histoire). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 34,00 €. – isbn 978-2-7598-2246-1.

Verdet (Cyril), *La physique du potentiel : étude d'une lignée de Lagrange à Duhem*. – Paris : CNRS éditions, 2018. – 378 p. – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-271-12264-3.

Verdet (Cyril), *Méditations sur la physique : anthologie* / préface de Michel Blay. – Paris : CNRS éditions, 2018. – 285 p. – 1 vol. broché de 14 × 22 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-271-11509-6.

CONDITIONS D'ABONNEMENT (2019, VOL. 190)

L'abonnement est annuel, à partir de janvier, et court jusqu'à ordre contraire.

En Belgique et au Luxembourg	45,00 €
abonnement de soutien	150,00 €
abonnement étudiant	22,50 €
Pour la France (TVA comprise)	49,82 €
Pour les autres pays (toutes taxes incluses)	60,67 €
Prix au numéro trimestriel (TVA comprise)	15,00 à 25,00 €
Pour paiement par chèque	ajouter 25,00 €

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES :

61, rue de Bruxelles – 5000 Namur – Belgique
ING. (Avenue Marnix 24 B – 1000 Bruxelles)
IBAN : BE35 3500 0659 7537
BIC : BBRUBEBB
Fax : +32 (0)81 72 44 65
TVA : BE 0407 654 574

Revue publiée avec l'aide financière

- du Fonds National de la Recherche Scientifique
- de l'Université de Namur (ESPHIN)
- du Fonds Wernaers


HELHa
Haute École Louvain en Hainaut
BELGE
SCIENCES
PLURIDISCIPLINAIRE
PHILOSOPHIE
HISTOIRE
FRANCOPHONE
HAUTE VULGARISATION
ACCESSIBLE
INFORMATIONS VALIDÉES
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ DE NAMUR
Revue des
QUESTIONS SCIENTIFIQUES
ISSN 0035-2160
Actualité, histoire et philosophie des sciences
Tome 190, N°1-2, 2019
www.rqs.be
CE NUMÉRO : 25 €
shutterstock.com